Fra Fysikkens Verden

Nr. 3 – 1995
57. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

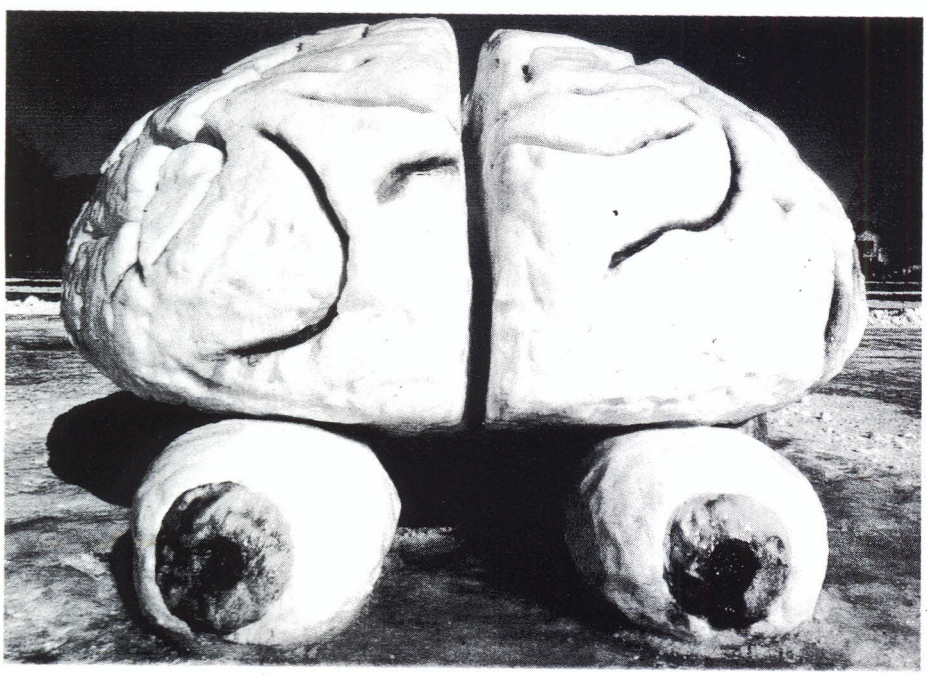
Innhold

Sven Oluf Sørensen:
Kosmisk stråling – Del II 69

Arne Valberg:
Søkelys på syn 78

Olav Steinsvoll og Joe McCauley:
Naturvitenskap i litteraturen 83

Fra Redaktørene 66
In Memoriam: Gerd Jarrett 66
FFV Gratulerer 67
Trim i FFV 68
Bokkronikk 86
Bokomtale 89
Tidsskriftomtale 89
Nye Doktorer 90
Dr.scient. Gholam Reza Ahmadi
Dr.ing. Hans-Jörg Fell
Dr.ing. Trond Melen
Nytt fra NFS 92
Fysikkolympiaden 1995
Årsmelding 1994–1995
Årsmøtet 1995
Ny sekretær i NFS



Øynene er framskutte deler av hjernen
(Se artikkelen om synet)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

I dette nummer av FFV har vi en reportasje fra årets fysikk-olympiade i Canberra, Australia. Denne gangen var de norske deltagernes innsats litt over "midt på treet"; to fikk "honourable mention", og én var ett poeng under. Vanligvis plasserer de norske deltagerne seg omtrent på midten av resultatlisten, mens det bare er noen få land som konkurrerer om de aller fremste plasseringene. Det er sikkert flere grunner til dette mønsteret. Det konkurreres mellom land med ganske forskjellige holdninger og "kulturer" når det gjelder konkurranser av denne typen, og det satses vidt forskjellig fra myndighetenes side. Norsk satsing har ikke vært stor, og dette har vel sammenheng med vår reserverte holdning til "elitisme". Tilgjengelig tid og ressurser for "trimming" av deltagerne har vært begrenset.

For de som har fått være med på fysikk-OL, opplevd den innholdsrike uken sammen med studenter og lærere fra mange land, og sett hvilken inspirasjon hele arrangementet gir, blir holdningen en ganske annen. Fysikk-OL er i realiteten et internasjonalt forum der både elever og ikke minst medvirkende lærere, får helt unike internasjonale kontakter. Konkurransen er en del av et stort, omfattende faglig og sosialt arrangement som savner sitt sidestykke i skolesammenheng.

Som fysikere har vi en felles oppgave i å forvalte faget på beste måte på alle nivåer. Noe som ofte glemmes, er at faget ikke blir synliggjort i samfunnet; det motsatte skjer faktisk ofte i stor grad. Vi har alle opplevd eksempler på uvitenhet om hva fysikkfaget er og hvilken rolle det spiller. Fysikk-OL er en enestående anledning til at fysikk, i alle fall for en uke, kan komme i mediefokus.

Et viktig poeng er det også denne gang å sørge for ekstra gode norske deltagere. Alle må gis anledning til å bli valgt ut til å bli en av de fem olympiadeltagerne. Om kort tid vil alle videregående skoler med 3FY-undervisning få en innbydelse til å delta i første runde av uttagningen. Vi oppfordrer landets fysikklærere til å bli med på denne nasjonale uttaksrunden med stor entusiasme.

∞

In Memoriam

Gerd Jarrett 1927 – 1995

Gerd Jarrett døde 31. juli i år, knapt 68 år gammel. Hun og vi visste at dette ville bli utgangen på den sykdommen hun hadde stridd med i over ett år, men på tross av store smerter arbeidet hun til det siste med Norsk Fysisk Selskaps saker for å lette arbeidet for den som skulle ta over. Den 19. mai ble hun innvalgt som æresmedlem i Selskapet, en æresbevisning som hun satte umåtelig stor pris på, og som utvilsomt hadde bred støtte hos medlemmene.

Gerd vokste opp i Siljan i Telemark. I de siste krigsåra gikk hun på skole i Oslo, og det var typisk for den aktive Gerd at hun kom med i Milorg. Etter krigen arbeidet hun en tid i England, giftet seg, og bodde med mann og barn (det ble tre av dem) i Australia i fire år. Tilbake igjen i Norge bosatte familien seg i Skedsmo. I lokalmiljøet var hun meget aktiv i lag og foreninger. Kunst og litteratur var hovedinteressen, og hun hadde tillitsverv både i Skedsmo kunstforening og i Kunst på arbeidsplassen. Hun reiste mye, særlig var hun glad i de greske øyene. Sporty var hun også. At hun var giktisk og hadde hofteproblemer, hindret henne ikke fra å være "mannskap" på en havseiler i Egeerhavet eller kjøre slalåm på Geilo.

Gerd hadde en uvanlig evne til å komme i kontakt med folk, og til å huske ansikter og navn. Hun kjente de fleste medlemmene, og med sitt vinnende vesen ble hun den mest populære person i Selskapet. Hun begynte som sekretær i 1969 og hadde denne stillingen i over 25 år. Samtidig var hun sekretær ved Fysikkavdelingen ved Institutt for energiteknikk på

Kjeller, en stilling hun hadde hatt siden 1962. I begge stillingene fikk hun rik erfaring i å arrangere kurs og konferanser, både nasjonale og internasjonale. Hennes ry som arrangør nådde langt ut over landegrensene. Da hun fylte 60 år, fikk hun en Amerika-reise som presang fra Selskapet. Hun reiste da over store deler av USA og bodde hos fysikkvenner som en velkommen gjest.

Vi som har vært presidenter i Norsk Fysisk Selskap i alle de årene Gerd var sekretær, har satt stor pris på det arbeidet hun utførte. Hun var lett å omgås, og vi følte at vi fikk en kjær venn. Vi sitter igjen med mange gode minner om Gerd.

Thormod Henriksen *Eivind Osnes* *Tormod Riste*

∞

FFV Gratulerer

Internasjonal fysikkpris til Bjørn H. Wiik

Partikkelfysikkdivisjonen til EPS (European Physical Society) deler annet hvert år ut en pris til forskere som har gjort seg spesielt bemerket. I 1995 ble prisen delt mellom fire fysikere, der iblant nordmannen Bjørn H. Wiik, for et pionérarbeide som førte til den eksperimentelle påvisning av *gluonet.*

I gjeldende teori om kjernekreftene er gluonet partikkelen som formidler vekselvirkningene mellom atomkjernens bestanddeler, kvarkene. Påvisningen av gluonet var en av de viktigste oppdagelser i indisierekken som gjør at denne teorien nå er den alment aksepterte blant kjerne- og partikkelfysikere.

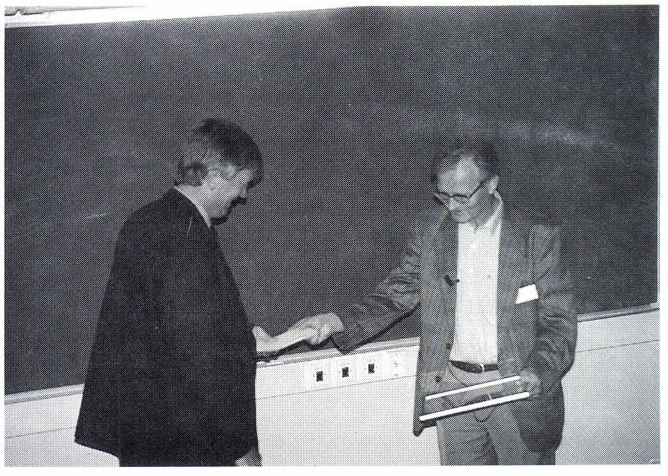
Bjørn H. Wiik (58), som er født i Bruvik i Hordaland, har siden 1972 arbeidet ved det tyske forskningssenteret DESY (Deutsche Electron SYnchrotron) i Hamburg, og oppdagelsen han nå deler æren for ble gjort i 1979. Wiik har siden 1993 vært direktør ved DESY som benyttes av rundt 2600 vitenkapsmenn fra over 30 land. Han er også professor ved Universitetet i Hamburg, og professor II ved Universitetet i Bergen.

Oppdagelsen ved DESY var mulig takket være et akseleratoranlegg for elektron–positronkollisjoner som sto ferdig i 1978. Mange grupper var involvert i gjennomføringen av eksperimentene ved dette anlegget, der iblant en gruppe fra Fysisk institutt ved Universitetet i Bergen, bestående av: Arne Klovning, Endre Lillethun, Egil Lillestøl, John Arthur Skard og Jann-Rune Ursin.

Bjarne Stugu

∞

Tre priser delt ut på årsmøtet i NFS



Karl Torstein Hetland, som er lektor ved Dalen Videregående skole i Telemark, fikk NFSs undervisningspris. Denne prisen har, sammen med NFS, støtte fra Cappelen forlag, NKI-forlaget og Aschehoug forlag. Den deles ut annethvert år, og er på 15 000 kr.

Hetland har i en årrekke markert seg som en usedvanlig engasjert og aktiv lærer såvel på egen skole som i norsk skole generelt og innenfor Norsk Fysisk Selskap. Da KUF i sin tid satte i gang SOLIS-prosjektet (SOL I Skolen), var Torstein Hetland et naturlig ledervalg. Denne oppgaven har han løst på en glimrende måte. Prosjektet, som nå omfatter 56 skoler fra hele landet, vekker oppsikt også i våre naboland. SOLIS-prosjektet må i dag sies å være et av de aller mest vellykkede prosjekt av denne typen i den videregående skolen. Torstein Hetland, med sin innsikt, store arbeidskapasitet og engasjerende holdning, har en stor del av æren for dette.

Hans M. Pedersen, professor ved NTH, og vitenskapelig rådgiver ved SIMRAD, ble tildelt Simrad Optronics' fysikkpris for sitt arbeid innen elektro-optikk. Også denne prisen er på 15 000 kr.

Pedersens hovedfelt er statistisk optikk. Han har vært en av pionérene i utviklingen av specle-teorien, en teori som beskriver intensitetsvariasjonen som observeres når en koherent laserstråle treffer en ru overflate. Teorien kan derfor brukes til å beskrive overflater. Pedersens arbeider omfatter også diffraksjon, koherens og radiometri, og han har også gitt betydelige bidrag til praktisk seismisk diffraksjonsmodellering og til forståelsen av koherens i havbølger.

Pedersens faglige aktivitet spenner fra fundamental teori til anvendt fysikk med praktisk industriell anvendelsepotensiale. Den anvendte virksomheten har ført til konkrete instrumenter og metoder innen op-

tikk. I de siste årene har Pedersen vært spesielt aktiv for å etablere en sammenheng mellom koherens og radiometri. Radiometri behandler energiutstråling fra inkoherente kilder, basert på fenomenologiske betraktninger. Pedersen har levert betydelige bidrag for beregning av nergiutstrålingen, og for å oppnå en enkel forståelse av fysikken i fenomenet.

Asle Sudbø, førsteamanuensis ved NTH, ble tildelt IBMs pris for fremragende arbeid innen kondenserte fasers fysikk. Denne prisen er på 20 000 kr. Sudbø ble tildelt prisen for fremragende forskning innen feltet høytemperatur supraledning. Av spesiell betydning her er hans beregninger av energetiske forhold for fluksslinjer i anisotrope supraledere, samt utvikling av en BCS-lignende modell basert på tunnelering av Cooper-par mellom kopperoksydplan i det supraledende materialet. Modellen utmerker seg med et enkelt, fysikalsk utgangspunkt samtidig som den reproduserer de fleste eksperimentelle egenskaper ved nye supraledere.

Sudbøs arbeider utmerker seg ved en nøktern og objektiv stil, der problemene analyseres uten for mange subjektive fortolkninger. Han har, sin unge alder til tross, allerede klart å gi viktige bidrag til et kvantefysisk grunnlag for forståelsen av høytemperatur supraledning.

FFV gratulerer alle prisvinnerne!

∞

Trim i FFV

FFVT 3/95

2, 4, 8, 1, 3, 6, 1, 2, 5, 1

Dette er de første ti potensene av 2 – altså 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 – når bare *første* siffer beholdes. Vi ser at det blant disse sifrene er 30 % 1-tall. En slik sterk overrepresentasjon av 1-tall er ikke tilfeldig, 30 % er tvert imot et meget godt estimat av hva en får når en fortsetter på samme måte.

Vis det ved å beregne hvor stor brøkdel av tallene som vil være 1-tall "i det lange løp".

Løsning FFVT 2/95

Et meget lite insekt startet fra den ene enden av en uhyre elastisk strikk med kurs mot den andre, opprinnelig en meter borte. Men turen ble gjort vanskelig ved at hver gang insektet hadde krøpet 1 cm, ble strikken strukket en meter. Spørsmålet var om insektet ville nå fram til enden av strikken.

Det enkleste er å måle alt i relative avstander, dvs. i brøkdeler av strikkens lengde. Etter den første centimeteren er brøkdelen $0,01$ tilbakelagt; etter den andre centimeteren (på den nå 2 m lange strikken) er i tillegg brøkdelen $\frac{1}{2} \cdot 0,01$ tilbakelagt; og på den tredje centimeterlange turen (på den nå 3 m lange strikken) blir brøkdelen $\frac{1}{3} \cdot 0,01$ tilbakelagt, osv. Og da

$$1 + \tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{3} + \tfrac{1}{4} + \ldots + \tfrac{1}{n},$$

den harmoniske rekken, blir vilkårlig stor når n øker, vil det være en minste n slik at summen overstiger 100. Det vil si at insektet når sitt mål etter å ha krøpet nesten n cm.

Kommentar: Dette løser oppgaven, men n er så enorm $(1509,27 \cdot 10^{40})$ at forventningene til elastiske egenskaper, og til insektets utholdenhet, er strukket langt over bristepunktet.

∞

Opprinnelsen til kosmisk stråling – Del II

Sven Oluf Sørensen *

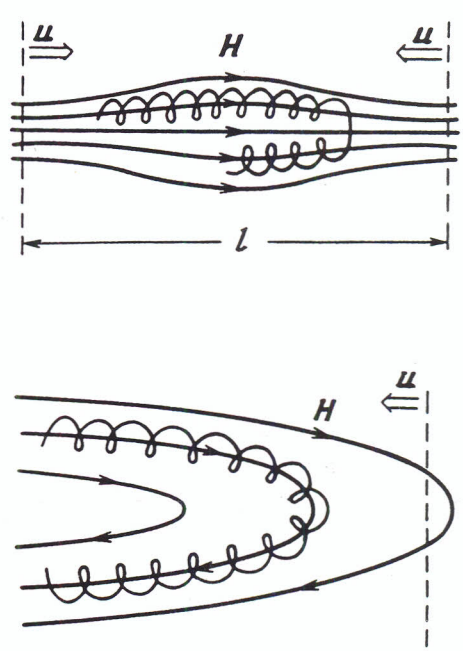
Et tynt "regn" av atomære partikler bombarderer jorden kontinuerlig fra alle retninger. Energien til de hurtigste partiklene er mange størrelsesordener høyere enn de man kan oppnå kunstig med akseleratorer. Opprinnelsen til denne kosmiske strålingen er ennu ukjent. Det eksisterer ingen tilfredsstillende teori eller modell for kilden til disse partikler, hvorledes de akselereres, og hvordan strålingen er fordelt i det interstellare rom. Studiet av den kosmiske stråling representerer et sentralt forskningsfelt i grenseområdet mellom elementærpartikkelfysikk og astronomi.

Første del av artikkelen sto i FFV nr 2, 1995.

Fermi-mekanismen

I 1949 fremsatte Fermi[8] en teori for opprinnelsen til den kosmiske stråling som gikk ut på at ladede partikler kan akselereres i det interstellare rom i vår galakse ved kollisjoner med vandrende magnetiske felt. Utgangspunktet for denne teori er den alminnelig anerkjente antagelse at det interstellare rom i vår galakse er fylt av en materie, gass, med uhyre lav tetthet, av størrelsesorden ett hydrogenatom pr. cm^3, svarende til en tetthet på ca. 10^{-24} g/cm^3. Observasjoner indikerer imidlertid at denne materien ikke er jevnt fordelt, men at det i det interstellare rom finnes kondensasjoner hvor tettheten kan nå opp til flere hundre ganger det normale. Disse områder kan ha midlere dimensjoner av størrelsesorden 30 lysår, og ved målinger av Dopplereffekten for absorbsjonslinjene til det interstellare medium har man funnet at de har en hastighet av størrelsesorden 10^{-4} ganger lyshastigheten c.

Det er rimelig å anta at den alt overveiende del av den interstellare materie består av hydrogenatomer og at disse er ionisert ved fotoelektrisk effekt av lyset fra stjernene. Det oppstår derved et interstellart plasma, og på grunn av strømninger i dette plasma genereres magnetiske felter. Ut fra generelle astronomiske observasjoner kan man estimere styrken av det interstellare magnetfeltet til å være av størrelsesorden 10^{-6} gauss. En ladet partikkel i den kosmiske stråling vil utføre en spiralbevegelse i dette feltet. Fermi antok at det eksisterer irregulariteter i dette interstellare magnetfeltet, og at en ladet partikkel vil bli avbøyet og reflektert av disse. For en ladet partikkel med energi ~ 1 GeV, vil radien i spiralen være av størrelsesorden 10^{13} cm $\approx 10^{-5}$ lysår. Da irregularitetene har dimensjoner av størrelsesorden 1 lysår, vil en kosmisk strålings-partikkel utføre et meget stort antall baneomdreininger før den treffer et område med vesentlig forskjellig feltintensitet. Hvis magnetfeltet er statisk, vil ikke partikkelen forandre sin energi ved refleksjon, men bare forandre retning av hastighet og impuls. Da den elektriske ledningsevnen av den interstellare materie er relativt høy, kan man beskrive de magnetiske feltlinjene som nærmest bundet til plasmaet. De vil derved komme til å delta i den turbulente bevegelse av dette. Refleksjonene av partiklene vil derfor få karakteren av kollisjoner med et ikke-statisk magnetfelt og føre til en energiutveksling med dette. Man kan tenke seg forskjellige typer av refleksjoner som vist i Figur 7.



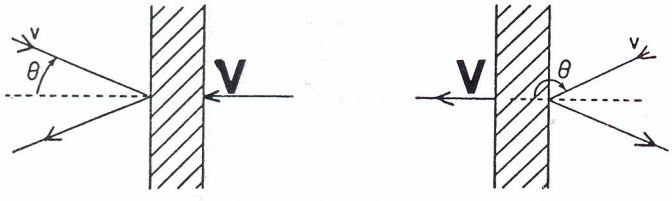
Figur 7. To forskjellige typer refleksjoner av ladede partikler i inhomogene magnetfelt.

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

At disse kollisjoner med vandrende interstellare magnetfelt i løpet av tiden kan lede til en økning av partiklenes energi, kan sees av et enkelt fysikalsk resonnement:

Vi kan betrakte de kosmiske strålings-partiklene og de interstellare plasmaskyene med sine magnetfelter som to forskjellige typer av "molekyler" i en gass. Etter ekvipartisjonsprinsippet i termodynamikken vil bevegelsene i denne gassen tendere mot at alle "molekylene" får den samme midlere kinetiske energi. Da selvfølgelig magnetfeltene har en enorm energi sammenlignet med de kosmiske strålings-partiklene, vil disse forhold føre til at de siste gradvis vil øke i energi ved suksessive kollisjoner. Størrelsen av energiutvekslingene i disse prosesser kan estimeres på følgende måte, uten referanse til detaljer i mekanismen for kollisjonene:

La oss betrakte en hurtig partikkel med hastighet v og total energi E som kolliderer med en "magnetisk vegg" som har en hastighet V. Veggen vil reflektere partikkelen, Figur 8. Hvis vi antar at veggen har uendelig stor masse i forhold til partikkelen, vil partikkelen



Figur 8. *Head on-* og *take over*-kollisjoner mellom en partikkel med hastighet v og en "magnetisk vegg" med hastighet V.

i veggens hvilesystem bare bli elastisk reflektert og ingen energiutveksling vil finne sted. Hvis man gjør en Lorentztransformasjon tilbake til laboratoriesystemet, finner man at partikkelen har forandret sin energi med en størrelse

$$\Delta E = \left(2\frac{Vv}{c^2}\cos\theta + 2\frac{V^2}{c^2} \right) E \qquad (4)$$

Av likning (4) ser man at en partikkel vil øke i energi hvis $\cos\theta > 0$ (*head-on*-kollisjon) og avta i energi hvis $\cos\theta < 1$ (*take-over*-kollisjon).

Hvis de magnetiske "veggene" beveger seg vilkårlig, vil førsteordens-leddet i V i (4) resultere i at etter mange refleksjoner vil nettobidraget av dette leddet bli null. Annenordens-leddet $2(V/c)^2E$ vil allikevel garantere at partikkelen vil øke i energi. Dessuten vil *head-on*-kollisjoner være mer sannsynlig enn *over-taking*-kollisjoner, da antall kollisjoner er proporsjonalt med den relative fluks. Sannsynligheten for de første er, hvis man antar at $\cos\theta = +1$, proporsjonal med $(v+V)/V$, mens sannsynligheten for *over-taking*-kollisjoner er proporsjonal med $(v-V)/V$. Av dette følger at nettoøkningen i energi blir:

$$\Delta E \sim 2\left(\frac{V}{c}\right)^2 E \qquad (5)$$

Hvis avstanden mellom to "vegger" eller spredningssentra, er L, vil antall kollisjoner pr. tidsenhet være v/L, og økningen i energi pr. tidsenhet blir:

$$\frac{dE}{dt} \sim \frac{v}{L} 2\left(\frac{V}{c}\right)^2 E \sim \frac{2V^2}{Lc} E \qquad (6)$$

hvor vi har satt $v \approx c$. Denne prosess, som er av annen orden i V, kalles annen-ordens statistisk eller stokastisk Fermi-akselerasjon.

En av hovedgrunnene for at denne modell for akselerasjon har vært så populær blant kosmisk strålingsfysikere, er at den på en naturlig måte reproduserer den observerte inverse potenslov for energispekteret av strålingen, jfr. Figur 2 og Figur 3. Vi kan demonstrere det på følgende måte:

Av likning (6) finner vi at en kosmisk strålingspartikkel etter en tid t har øket sin energi fra E_0 til:

$$E(t) = E_0\, e^{\frac{2V^2}{Lc}t} \qquad (7)$$

På den annen side vil en partikkel som går gjennom det interstellare rom ha en sjanse til å miste hele sin energi ved kollisjoner med atomkjerner i den interstellare materie. Denne absorpsjon vil lede til en midlere fri veilengde for partikkelen på $\sim$ 70 g cm^{-2}. Fra den midlere tetthet av den interstellare materie får man herav en midlere absorbsjonsveilengde:

$$\Lambda \sim 7 \cdot 10^{25} \text{ cm} \qquad (8)$$

Dette fører til at en relativistisk partikkel vil ha en midlere levetid i vårt galaktiske system på:

$$T = \frac{\Lambda}{c} \sim 2 \cdot 10^{15}\ s = 6 \cdot 10^7 \text{ år.} \qquad (9)$$

Sannsynligheten for at en partikkel vil få en levetid mellom t og $t + dt$, blir:

$$P(t)\,dt = \frac{1}{T}\, e^{-t/T}\, dt \qquad (10)$$

Hvis vi setter at sannsynligheten for at en partikkel har en energi mellom E og $E + dE$ er gitt ved $N(E)dE$, kan vi sette:

$$N(E)\,dE = P(t)\,dt \qquad (11)$$

hvor sammenhengen mellom E og t er gitt ved relasjonen (7). Etter en enkel regning får man:

$$N(E) = \frac{Lc}{2V^2T} E_0^{\frac{Lc}{2V^2T}} E^{-\left(1+\frac{Lc}{2V^2T}\right)} \qquad (12)$$

Man finner altså at denne annenordens statistiske eller stokastiske Fermis akselerasjonsmekanisme naturlig leder til et energispektrum i form av en invers potenslov. Ut fra det observerte energispektrum for kosmisk strålings-protoner og alfapartikler, Figur 2, har man at potensen ligger i intervallet 2,5–2,7. Av (12) ser vi at denne i Fermis teori bestemmes av tre helt uavhengige parametre, avstanden L mellom de to skyene av interstellar gass hvor de magnetiske feltene virker reflekterende, hastigheten V av disse skyene og den midlere levetid T for en partikkel før den blir absorbert i det interstellare rom på grunn av kjernereaksjoner. Ut fra astrofysiske data synes $V \sim 10^{-4}\,c$ og T gitt ved (9), å være de sikreste verdiene for disse to størrelsene. Antar vi at eksponenten

$$1 + \frac{Lc}{2V^2T} = 2,6 \qquad (13)$$

får vi en verdi for L gitt ved:

$$L = 1,9 \cdot 10^{18}\ \text{cm} \sim 2\ \text{lysår} \qquad (14)$$

Med disse verdier for V og L, får vi at energiøkningen i likning (7) blir:

$$E(t) = E_0\, e^{\frac{t}{10^8}} \qquad (15)$$

hvor t er i *år*. På 10^9 år vil energien øke med en faktor $e^{10} \sim 22\,000$, og kan derfor forklare de høye energiene i den kosmiske stråling.

Nå viser det seg at størrelsen av avstanden mellom to kollisjoner L er vesentlig større enn antatt i (14). Astrofysiske data synes å peke på verdier av L mellom 10^{20} og 10^{21} cm. Av (7) sees at dette vil føre til en meget lavere akselerasjonseffektivitet for partiklene, og derav igjen til et betydelig større fall i energispekteret.

Denne "klassiske" Fermi-modellen basert på kollisjoner mellom ladede partikler og vandrende magnetiske felt separert fra hverandre ved interstellare avstander, har derfor kommet mer i bakgrunnen. Men i løpet av de siste årene er en rekke beslektede modeller blitt fremsatt basert på en modifisert form for Fermi-mekanisme. Disse bygger på at i relativt små romområder omkring frontene av ekspanderende sjokkbølger emittert av eksploderende supernovaer, vil det være gasskyer og magnetfelter i sterke turbulente bevegelser. Her vil avstandene mellom spredningssentrene L nødvendigvis bli meget mindre, med deraf følgende økende akselerasjonseffektivitet for partiklene.

Ideen med å forbinde opprinnelsen av den kosmiske stråling med supernovafenomen er relativt gammel, Baade og Zwicky[9]. Men det var først i slutten av 1970-årene at en hel rekke fysikere[10,11,12,13,14] noenlunde uavhengige av hverandre utarbeidet modeller for hvorledes kosmisk stråling kan aksellereres når magnetohydrodynamiske sjokkbølger fra eksploderende supernovaer går gjennom den interstellare materie. Et felles trekk ved alle disse modeller er at de helt naturlig fører til en potenslov for energispektret av den kosmiske stråling.

Supernovaer

Supernovaer[15] representerer den eksplosive sluttfasen i utviklingen av meget massive stjerner. Selve fenomenet ytrer seg slik at i løpet av noen få sekunder kan en stjerne øke sin emisjon av lys med en faktor av størrelsesorden 10^8 ganger solens. Selve energiutstrålingen kan i løpet av noen sekunder bli like stor som vår sols samlede utstråling i løpet av sitt 10 milliarder år lange liv. Fenomenet er relativt sjeldent, av størrelsesorden én supernovaeksplosjon pr. århundre i en galakse. Det best undersøkte eksempel er SN 1987A som fant sted i 1987 i Den store Magellanske skyen, som er en satellitt til vårt eget melkeveisystem. Bortsett fra denne, er den siste supernova som er sett i vår galakse Johannes Keplers "Astra Nova" fra 1604.

Man regner i dag med at det er to hovedtyper av supernovaer. Den ene, Type I, som antagelig har mindre relevans for spørsmålet om opprinnelsen til kosmisk stråling, finner sted i dobbeltstjernesystemer hvor den ene komponenten er en vanlig stjerne, og den andre en hvit "dverg". Ved at materie fra den normale stjernen trekkes over til den hvite "dvergen", vil den siste øke i masse. Når denne overskrider en bestemt verdi, Chandrasekhar-grensen på ca. 1,4 ganger solens masse, vil en eksplosiv termonukleær prosess finne sted, og hele stjernen eksploderer under en enorm energiutstråling.

Den annen hovedtype av supernovaer, Type II, har antagelig en mer direkte sammenheng med mekanismen for opprinnelsen til kosmisk stråling. Type II supernovaer oppstår som sluttfasen i en serie meget kompliserte termodynamiske kjernereaksjoner i stjerner som til slutt resulterer i dannelsen av en pulsar, en nøytronstjerne. Disse prosesser finner sted i stjerner som er meget massive, av størrelsesorden 10 solmasser eller mer. Utviklingen av en stjerne frem til en Type

II supernova er antatt å foregå på følgende måte:

På grunn av dannelsen av tyngre og tyngre grunnstoffer ved serier av suksessive termonukleære kjernereaksjoner, vil en stjerne umiddelbart før den eksploderer som en supernova, ha antatt en "løkaktig" struktur satt sammen av forskjellige konsentriske skall.

Stjernen vil ha en sentral kjerne på ca. 15–20 solmasser med en radius på ca. 30 millioner km, bestående av H og He, hvor He er dannet ved termonukleære reaksjoner mellom protonene. I sentrum av denne er det en plasmakule av He med en radius på ca. 1 million km, en temperatur ca. 20 millioner grader og en tetthet på ca. 1 g/cm^{-3}. I sentrum av denne igjen, vil det være et skall med ytre radius ca. 50 000 km bestående av C og O, dannet ved termonukleær forbrenning av He. Temperaturen vil være ca. 250 millioner grader og tettheten ca. 1 kg/cm^{-3}. I denne C, O-kjernen vil det igjen ved termonukleære reaksjoner bli produsert Si og S som vil danne et skall med ytre radius 5000 km, en temperatur på ca. 3,4 milliarder grader, og en tetthet på ca. 1 million g/cm^{-3}.

Sluttfasen i denne serie av fusjonsprosesser vil være at det ved termonukleære reaksjoner i S, Si-plasmaet blir dannet en gradvis voksende sfære av Fe. Da Fe^{56} er den sterkest bundne av alle atomkjerner, vil ikke ny energi kunne bli produsert ved fusjon av Fe-kjerner. Denne Fe-sfæren vil i en viss tid bli holdt oppe av trykket fra den degenererte elektrongassen. Men når Fe-sfæren har økt i masse inntil den overskrider Chandrasekhar-massen på 1,4 solmasser, vil gravitasjonen overvinne trykket i elektrongassen og hele Fe-sfæren vil kollapse. Det er i denne fasen av en supernovas utvikling at det oppstår en rekke sjokkbølgefenomener.

Sjokkbølger spiller en sentral rolle i mange astrofysiske prosesser. Selve fenomenet oppstår når det frigjøres så mye energi at trykkbølgen som dannes brer seg med en hastighet som er større enn lydhastigheten i mediet. Områder som ligger foran sjokkfronten (*upstream*) er uberørt av denne, og gassen som har gått gjennom sjokkfronten (*downstream*) varmes opp. Det dannes også sjokk når gass med overlydhastighet passerer hindringer. Sjokkbølger opptrer under forskjellige faser i en supernovaprosess.

Den første sjokkbølgen vil dannes etter at den ovenfor beskrevne Fe-sfæren i løpet av noen tiendedels sekunder har kollapset til en radius på ca. 100 km. Når de sentrale deler av denne Fe-kjernen har antatt en tetthet av størrelsesorden som kjernematerie, dvs. ca. 10^{12} g/cm^{-3}, vil ca. 40 % av denne forme en massiv bundet klode. De ytre deler av Fe-kjernen vil imidlertid fremdeles fortsette å falle innover mot sentret av stjernen med en hastighet av størrelsesorden en fjerdedel av lysets hastighet. Energien som frigjøres fører til at en sjokkbølge vil bli dannet som i løpet av noen hundredels sekunder vil ekspandere i retning av stjernens overflate.

Det er fremsatt forskjellige teorier om hvorledes denne sjokkbølgen vil utvikle seg. I noen modeller antar man at sjokkbølgen vil trenge helt frem til overflaten av stjernen og fortsette som en sfærisk sjokkbølge i den interstellare materien.

I andre modeller regner man med at den primære sjokkbølgen ikke har energi nok til å trenge ut til stjernens overflate, men vil dø ut i en avstand av ca. 300–500 km fra sentret av stjernen. Ved hjelp av omfattende beregninger har man imidlertid funnet ut at sjokkbølgen vil starte opp igjen i større avstand fra sentrum. Årsaken til dette antar man å være følgende:

Den frigjorte energi i gravitasjonskollapsen av stjernens kjerne vil være av størrelsesorden ca. 10^{53} erg. Den alt overveiende del av denne energien vil unnslippe supernovaen i form av nøytrinoer ν dannet bl.a. ved prosesser som

$$e^- + p \rightarrow n + \nu \qquad (16)$$

Det er disse nøytrinoer som er observert av detektorer på jorden i forbindelse med supernovaen SN 1987A. Samtidig vil det store antall produserte nøytroner gjøre den kollapsede Fe-kjernen om til en nøytronstjerne med diameter ca. 10 km. Omtrent 1 % av antallet nøytrinoer vil bli absorbert i en avstand av størrelsesorden 100 km fra stjernens sentrum og varme opp materien med den følge at sjokkbølgen starter opp igjen og trenger ut til overflaten av stjernen.

Når nøytronstjernen blir dannet, vil det bli et meget stort overskudd av nøytroner. Disse vil reagere med Fe-kjernene og danne tyngre atomkjerner helt opp til transuraner. Derfor er antagelig supernovaer hovedkilden til tyngre elementer i universet, og dermed igjen til de tyngre atomkjernene i den kosmiske stråling.

Sluttfasen i en supernovaprosess vil være at en sfærisk, supersonisk sjokkbølge vil bre seg utover fra eksplosjonssentret gjennom den interstellare materien, og det resterende av den opprinnelige stjernen vil være en sterkt magnetisert, hurtig roterende nøytronstjerne.

På begge sider av fronten av sjokkbølgen vil det oppstå forskjellige typer spredningssentra for elektrisk ladede partikler. De spredningssentra som vil være aktuelle for akselerasjon av kosmiske strålingspartikler i prosessene omkring en eksploderende supernova, vil være magnetohydrodynamiske inhomogeniteter i den turbulente interstellare materie

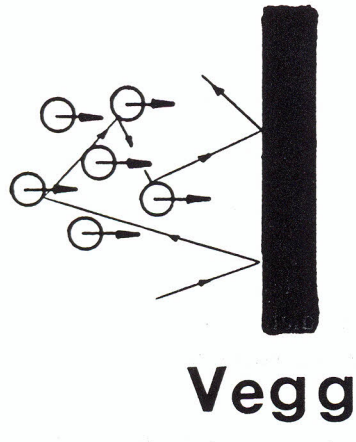
i kjølevannet av sjokkbølgen. Videre vil energirike ladede partikler som trenger gjennom fronten av sjokkbølgen fra *downstream*-regionen og ut i *upstream*-området generere magnetohydrodynamiske bølger (Alfvén-bølger) i dette. Disse vil også representere spredningssentra for ladede partikler.

Akselerasjon i sjokkbølger

Mekanismen for hvorledes en partikkel i den kosmiske stråling kan akselereres i en sjokkbølgeprosess, kan illustreres ved følgende enkle modell:

Av likning (4) ser man at hvis en partikkel utfører en *head-on*-kollisjon mot et spredningssenter, f.eks. en elastisk reflekterende "vegg", vil dens energi øke. La oss tenke oss at vi arrangerer forholdene slik i en strøm av partikler at bare *head-on*-kollisjoner forekommer. Det vil finne sted hvis alle partiklene var lukket inne mellom en elastisk reflekterende vegg og en strøm av spredningssentra som alle beveger seg med den samme hastighet V i en retning loddrett på veggen, Figur 9. I denne situasjonen vil partiklene øke i energi hver gang de går gjennom følgende syklus:

En partikkel treffer først veggen og blir elastisk reflektert tilbake til strømmen av de andre partiklene. Der kan den utføre en rekke elastiske kollisjoner med de forskjellige spredningssentrene som befinner seg i partikkelstrømmen. Disse kollisjonene kan resultere i at partikkelen igjen beveger seg mot veggen og kolliderer elastisk med denne. Deretter starter partikkelen opp en ny syklus. Det er irrelevant hvor mange ganger partikkelen kolliderer med spredningssentrene



Figur 9. En enkel modell for regulær Fermi-akselerasjon. Spredningssentrene er angitt som sirkler. Forklaring i teksten.

før den igjen treffer veggen, så lenge disse kollisjonene er elastiske. Dette kan man se ved å betrakte prosessene i et koordinatsystem som er i ro i forhold til spredningssentrene. I dette koordinatsystemet er kollisjonene mellom partikkelen og spredningssentrene elastiske og uten tap av energi for partikkelen. Men hver gang partikkelen treffer den elastisk reflekterende veggen, som beveger seg med hastigheten $-V$ i det nye koordinatsystemet, vil dens energi øke. Av likning (4) ser vi at energiøkningen pr. syklus vil være:

$$\Delta E \sim \frac{2Vv}{c^2}E \sim \frac{2V}{c}E \qquad (17)$$

hvis hastigheten v av partikkelen er tilnærmet lik lyshastigheten c, som er tilfelle for energirike partikler i den kosmiske stråling. – Denne prosess kalles regulær Fermi-akselerasjon av første orden i V. Det er denne mekanisme som ligger til grunn for akselerasjon av ladede kosmisk strålings-partikler i sjokkbølgeprosesser. Hvorledes slike prosesser naturlig fører til en potenslov for energispektret av den kosmiske stråling, kan utledes av følgende resonnement:

La oss betrakte en plan sjokkbølge i det interstellare medium. Vi antar at den beveger seg med en hastighet V i en retning parallelt med de magnetiske feltlinjene B i mediet. I et koordinatsystem som er i ro i forhold til sjokkbølgen, vil den interstellare materien strømme inn mot sjokkfronten med en hastighet $u_1 = V$, Figur 10. I sjokket vil gassen bli komprimert fra en tetthet ρ_1 til en tetthet ρ_2. Gassens hastighet i kjølvannet av sjokkbølgen, *downstream*, vil være

$$u_2 = V\frac{\rho_1}{\rho_2} \qquad (18)$$

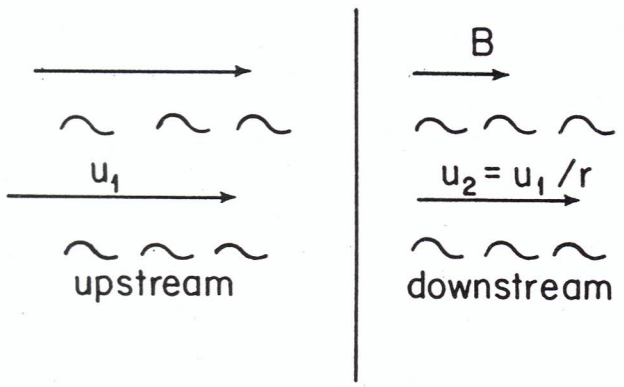
på grunn av kontinuitetslikningen:

$$u_1\,\rho_1 = u_2\,\rho_2 \qquad (19)$$

Vi antar videre at det finnes spredningssentra for elektrisk ladede partikler i det interstellare medium på begge sider av sjokkfronten. Disse kan være inhomogeniteter i det magnetiske felt, Alfvénbølger og liknende. Dette vil forårsake at kosmisk strålingspartikler vil krysse mange ganger frem og tilbake over sjokkfronten. Hver passasje av en partikkel gjennom sjokkfronten vil være ekvivalent med en *head-on*-kollisjon mot en vegg med hastighet $(u_1 - u_2)$.

Hvis vi midler over hele spektret av innfallsvinkler får vi en energiøkning pr. passasje som er:

$$\Delta E = \frac{4}{3c}(u_1 - u_2)E \qquad (20)$$



Figur 10. Et parallelt sjokk i et spredningsmedium sett fra et koordinatsystem som er i ro i forhold til sjokkbølgen. Spredningssentrene er angitt som bølgelinjer.

La oss anta at kosmisk strålings-partikler med energi E_0 blir kontinuerlig injisert i sjokkbølgesystemet. På grunn av spredningssentrene vil partiklene diffundere på begge sider av sjokkfronten. Hvis vi antar at den midlere frie veilengde for partiklene under diffusjonen er meget større enn bredden av sjokkbølgen, vil partikkeltettheten variere kontinuerlig omkring sjokkfronten. Kollisjonene av partiklene med spredningssentrene vil bevirke at i større avstander fra sjokket blir hastighetsvektorene for partiklene tilnærmet isotropisk fordelt.

Fluksen av kosmisk strålings-partikler som krysser sjokket fra begge sider vil derfor etter klassisk kinetisk gassteori, være:

$$\frac{1}{4}\, n(o)v, \tag{21}$$

hvor $n(o)$ er tettheten av partiklene ved sjokkfronten og v deres hastighet. Av det antall partikler som pr. tidsenhet passerer fra *upstream* til *downstream*, vil $n(o)u_2$ unnslippe systemet, mens den resterende del vil diffundere tilbake til sjokkfronten og krysse denne igjen til *upstream*-regionen. Sannsynligheten for å unnslippe fra prosessen vil derfor være:

$$\eta = \frac{n(o)u_2}{\frac{1}{4}n(o)v} = \frac{4u_2}{v} \tag{22}$$

Sannsynligheten for at en partikkel har fullført minst ℓ passasjer gjennom sjokkfronten vil være:

$$P_\ell = (1-\eta)^\ell = \left(1 - \frac{4u_2}{v}\right)^\ell \tag{23}$$

hvorav vi har

$$ln\, P_\ell = \ell\, ln\left(1 - \frac{4u_2}{v}\right) \approx -\ell\, \frac{4u_2}{c} \tag{24}$$

hvis vi setter hastigheten av de kosmiske strålingspartiklene til $v \approx c$.

Etter ℓ passasjer av sjokkfronten har energien av partikkelen øket til

$$E_\ell = E_0\, e^{\frac{4\ell}{3c}(u_1 - u_2)} \tag{25}$$

hvorav vi har

$$\ell = \frac{3c}{4(u_1 - u_2)}\, ln\left(\frac{E_\ell}{E_0}\right) \tag{26}$$

Innsettes dette i likning (24), får vi

$$ln\, P_\ell = -\frac{3u_2}{u_1 - u_2}\, ln\left(\frac{E_\ell}{E_0}\right) \tag{27}$$

hvorav

$$P_\ell = \left(\frac{E_\ell}{E_0}\right)^{-\frac{3u_2}{u_1 - u_2}} \tag{28}$$

Av denne sammenheng mellom P_ℓ og E_ℓ har vi at differensialet dP_ℓ må være proporsjonalt med forskjellen i antall partikler med oppnådde energier på E_ℓ og $E_\ell + dE_\ell$, dvs. med differensialenergispektret $N(E)$. Vi får derfor av (28):

$$N(E)\, dE \sim dP \sim E^{-\frac{3u_2}{u_1 - u_2} - 1} \tag{29}$$

Hvis vi innfører kompressjonsfaktoren

$$r = \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{u_1}{u_2} \tag{30}$$

har vi

$$N(E)\, dE \sim E^{-\left(\frac{r+2}{r-1}\right)} \tag{31}$$

For sterke adiabatiske sjokk gir sjokkbølgeteorien at $r = 4$, hvorav vi får

$$N(E) \sim E^{-2} \tag{32}$$

Denne spektralindeksen på 2 ligger relativt nær til den man har observert for kosmisk strålings-partikler. Det interessante ved denne sjokkbølgeteorien for akselerasjon av kosmisk strålings-partikler er at den leder helt naturlig til en tilnærmet riktig potenslov for energispektret, uavhengig av detaljer for spredningsmekanismen. Studiet av sjokk-akselerasjon av kosmisk stråling er i dag et meget aktivt forskningsfelt.

Akselerasjon i galaktisk vind

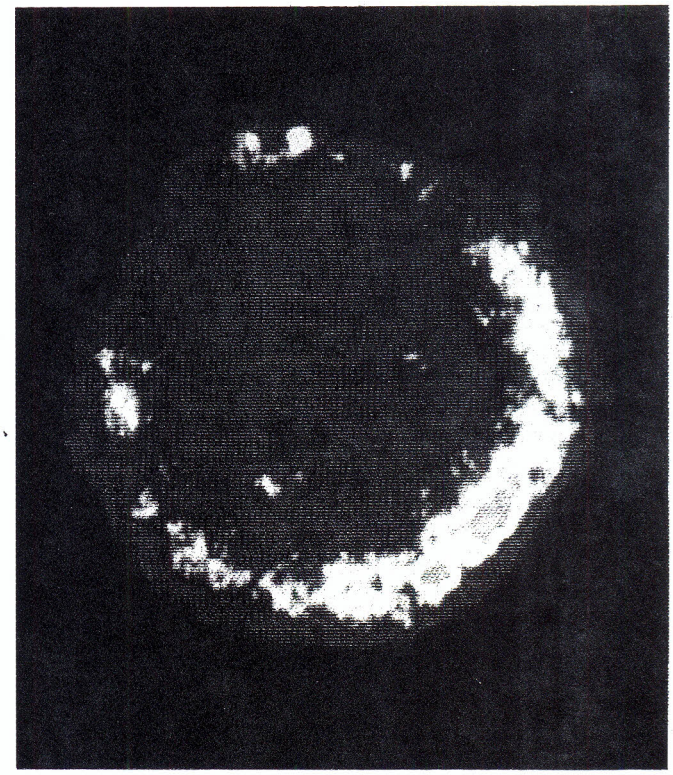
Etter at teoriene om akselerasjon av kosmisk strålingspartikler i sjokkbølger fra supernovaer ble lansert i

slutten av 1970-årene, er en hel rekke modeller blitt utarbeidet basert på denne mekanisme. Spørsmålet om hvor høyt man kan akselerere ladede atomære partikler i slike prosesser avhenger på en avgjørende måte av bredden til sjokkbølgen, den gyromagnetiske radius av partikkelbanene, tap av partikler ved kollisjoner med interstellar materie og ved lekkasje ut av akselerasjonsområdet osv. En detaljert analyse av disse forhold leder til at akselerasjonsmekanismer som er basert på sjokkbølger fra en enkel supernovaeksplosjon bare kan produsere partikler med energier opp til ca. 10^{15} eV.

En sjokkbølge kan imidlertid akselerere partikler til betydelig høyere energier hvis man kan øke tiden for akselerasjon av partiklene og videre utvide de romlige dimensjoner av sjokket. Jokipii og Morfill[16] har utarbeidet en akselerasjonsmekanisme basert på et sjokk med galaktiske dimensjoner og av galaktisk alder. De har vist at hvis en såkalt "galaktisk vind" eksisterer, kan denne akselerere partikler opp til ca. 10^{20} eV.

Hypotesen om en galaktisk vind har mange likhetspunkter med den relativt detaljert studerte "solvinden". Dette siste fenomen er resultatet av at solens korona blir oppvarmet ved at den tilføres energi. Dette resulterer i en supersonisk utstrømming av varm gass fra solen. I det området hvor det kinetiske trykket av denne "solvinden" balanserer trykket fra den interstellare gassen, vil det oppstå en sjokkbølge. Solvinden inneholder magnetiske irregulariteter, og kosmiske strålingspartikler vil bli reflektert fra disse med det resultat at de blir akselerert etter de tidligere beskrevne mekanismer. Denne akselerasjon i solvinden er blitt detaljert studert både teoretisk og eksperimentelt. Det siste er til en viss grad mulig ved hjelp av satellitter og interplanetariske romsonder. Solvinden i vårt eget planetsystem er derfor brukt som et laboratorium til studiet av akselerasjonsmekanismer ved sjokkbølger, og resultatene av disse undersøkelsene har man forsøkt å ekstrapolere til langt høyere energier og til interstellare avstander.

Man kan tenke seg at en "galaktisk vind' kan oppstå på følgende måte: Det er sterke astronomiske indikasjoner på eksistensen av en "halo" i vårt eget melkeveisystem som strekker seg omtrent 3000 lysår ut fra den galaktiske skiven[17,18]. Gassen i denne halo synes å være for kald til at den termiske bevegelse skulle kunne hindre en gravitasjonskollaps. Man kunne imidlertid tenke seg at gassen blir holdt i likevekt ved et utadrettet trykk forårsaket av kosmiske strålingspartikler som innenfor den galaktiske skiven er blitt akselerert i en hel rekke av supernovasjokk. Man kan altså tenke seg et scenario hvor hele den galaktiske skiven er fylt med rester av supernovaprosesser (*supernova remnants*) i form av sfæriske, supersoniske skall av sjokkbølger, jfr. Figur 11 og Figur 12. Den akkumulerte effekt av alle disse sjokk vil resultere i en supersonisk utstrømming av gass som vil ende i et sjokk i haloen. Kosmiske strålings-partikler som vekselvirker med dette sjokket vil da kunne akselereres på samme måte som i solvinden. Man har beregnet at hvis denne mekanismen eksisterer, vil den kunne akselerere protoner opptil ca. 10^{19} eV og Fe-kjerner opptil ca. 10^{20} eV. Grunnen til at Fe kan akselereres til høyere energier enn protoner, er at den gyromagnetiske radius av Fe er $1/Z = 1/26$ av protoner.



Figur 11. Restene av Tycho Brahes supernova fra 1572. Figuren demonstrerer intensitetsfordelingen av røntgenstråling fra det sfæriske skall av materie som er kastet ut fra den eksploderende stjernen.

Akselerasjon i nøytronstjerner

Hypotesen om en galaktisk vind produsert av hierarkier av sjokkbølger fra supernovaeksplosjoner, kan forklare eksistensen av partikler med ultrahøye energier. En vanskelighet er det imidlertid at ved energier $> 10^{18}$ eV, vil den gyromagnetiske radius for partiklene være større enn tykkelsen av den galaktiske skiven. Dette forhold vil umuliggjøre de lange tider som er nødvendige for at akselerasjonsprosessen skal kunne virke i det svake interstellare magnetfeltet.

Figur 12. Restene av en supernova-eksplosjon som fant sted for ca. 20 000 – 100 000 år siden i stjernebildet Svanen (The Cygnus Loop). Supernova-resten befinner seg i en avstand av 'bare' ca. 2000 lysår fra jorden, og eksplosjonen må ha vært et dramatisk skuespill for våre tidlige forfedre.

Man har derfor lansert modeller hvor partiklene oppnår ultrahøye energier direkte på det sted hvor de blir injektert i det interstellare rommet. En naturlig kandidat til en slik kilde er de nøytronstjerner eller pulsarer som dannes i sluttfasen av supernovaprosesser[19,20,21].

En nøytronstjerne er en uhyre tett klode bestående av bare nøytroner. Den har en radius på ca. 10 km, en masse av størrelsesorden som solens masse, en rotasjon på 10–1000 ganger pr. s, og et magnetfelt på overflaten av størrelsesorden 10^{12} gauss. Etter vanlig elektrodynamikk vil rotasjonen og den dermed hurtige variasjon av magnetfeltet resultere i uhyre sterke induserte elektromotoriske krefter. Disse har videre muligheter for å akselerere partikler opp til ultrahøye energier. Et avgjørende spørsmål i disse modeller er hvor langt ut fra nøytronstjernenes overflate denne elektromotoriske akselerasjonsmekanismen er virksom. Vanligvis antar man at en nøytronstjerne har en overflate i form av en magnetosfære fylt med elektrisk ledende plasma, og at derfor den elektromotoriske kraften kan strekke seg langt ut fra selve stjernen. I dette tilfelle kan man vente et minimalt energitap for partiklene i akselerasjonsområdet, og en stor del av akselerasjonsspenningen i den elektromotoriske kraften blir virksom.

Man kan estimere størrelsen av de energier som kan oppnåes ved denne akselerasjonsmekanismen ved å benytte Maxwells likning for det induserte elektromagnetiske feltet E som fremkommer ved en variasjon av et magnetisk felt B:

$$curl\ E = -\frac{\delta B}{\delta t} \tag{33}$$

Antar vi at denne variasjon skjer innenfor et område med utstrekning $\sim L$, kan man tilnærmet sette:

$$\frac{E}{L} \sim \frac{B}{L/c} \tag{34}$$

hvorav

$$E \sim Bc \tag{35}$$

Den totale energi for en partikkel med ladning Ze vil derfor bli:

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}} = \int_0^L Ze\ Bc\ dx = Ze\ Bc\ L \tag{36}$$

Hvis vi setter inn i (36) rimelige verdier for et proton i nærheten av en nøytronstjerne: $B \sim 10^{10}$ gauss, $L \sim$ 100 km, får vi $E \sim 3 \cdot 10^{19}$ eV, som viser at man kan oppnå ultrahøye energier ved denne akselerasjonsmekanismen.

Hvis derimot denne modell bare er virksom i nærheten av nøytronstjernens overflate, kan energitapene bli så betydelige at akselerasjonsmekanismen ikke blir effektiv.

Et annet spørsmål er også om denne modell kan lede til den observerte potenslov for energispektrene. I den forbindelse har man også spekulert på om denne potenslov er et resultat av selve utviklingen av nøytronstjernen.

En mer spekulativ versjon av disse "direkte" akselerasjonsmekanismene er følgende modell[22,23]: Man regner med at det i dobbeltstjernesystemer kan eksistere såkalte *"accretion"*-prosesser, dvs. at masse fra den ene stjernen trekkes over til den andre stjernen på grunn av gravitasjon. Astronomer antar at dette fenomen også kan finne sted omkring sorte hull, som derfor skulle være omgitt av hurtig roterende masser, *"accretion disks"*. Man har estimert at denne modell kan generere elektromotoriske krefter som skulle kunne gi protoner energier opp til ca. 10^{21} eV. Her er det også et avgjørende punkt hvor langt ut fra det sorte hullet den elektromotoriske kraften er virksom.

Begge disse akselerasjonsmekanismer, hurtigroterende nøytronstjerner og *accretion*-prosesser har vært diskutert som kilder til den ultrahøyenergetiske, periodisk varierende stråling som er observert fra objekt som Cygnus X-3 og Herkules X-1 [24,25].

Eksotiske modeller

De modeller for opprinnelsen til den kosmiske stråling som vi hittil har diskutert, er i det vesentligste basert på klassisk hydrodynamikk og elektrodynamikk, og de genererte partikler beskrives ved konvensjonell kvanteteori og relativitetsteori. Disse akselerasjonsmekanismer kan imidlertid vanskelig forklare eksistensen av partikler med energier over ca. 10^{19} eV. Dette har ført til at man har fremsatt en rekke langt mer spekulative teorier for opprinnelsen til de ultrahøyenergetiske partiklene i den kosmiske stråling. Disse modeller er basert på hypoteser om at det i universet eksisterer ennå ukjente massive objekt som er ustabile, og som ved desintegrasjon kan gi opphav til kosmisk stråling. Som eksempler på slike eksotiske strukturer kan man nevne "monopolium"[26,27] og "kosmiske strenger"[28,29].

Monopolium er et positronium-liknende system bestående av et magnetisk monopol–antimonopol par.

Kosmiske strenger er antatt å være hypotetiske topologiske defekter i vårt nåværende univers og oppstått som resultatet av prosesser i initialfasen av dette. En rekke kosmologiske modeller regner med at universet umiddelbart etter *Big Bang* gjennomgikk en faseovergang fra en tilstand hvor alle fysiske symmetrier var ubrutte og partikler masseløse, til den nåværende tilstand med massive partikler og brutte symmetrier. Både magnetiske monopoler og kosmiske strenger er reminisenser av denne faseovergangen. Moderne "*Grand Unification*"-teorier (GUT) regner med at begge disse eksotiske objekter er ustabile og desintegrerer til supertunge fermioner i masseområdet ca. 10^{24} eV/c^2. Disse desintegrerer igjen til kvarker og leptoner, og kvarkene vil fragmentere til vanlige hadroner.

Til tross for den spekulative karakter av disse modeller vil de allikevel ha en rekke karakteristiske "signaturer": De vil f.eks. implisere at energispektret av den kosmiske stråling fortsetter utover *Greisen-Zatsepin cutoff*, da spektret av de injiserte partikler strekker seg opp til ca. 10^{24} eV. – Man skulle videre forvente at den ekstremt høyenergetiske komponenten av den kosmiske strålingen ikke inneholder atomkjerner, da kvarker ikke kan fragmentere til disse. – Dessuten skulle forholdet mellom intensiteten av protoner og nøytroner være ca. 1, da desintegrasjonslengden for nøytroner ved disse energier er over 30 millioner lysår. – Hvis monopolium og kosmiske strenger er jevnt fordelt i universet, skulle man ikke vente noen anisotropi ved de høyeste energiene.

For å kunne fastslå om disse eksotiske hypoteser er realistiske, er det selvfølgelig nødvendig med langt mer presise observasjoner av den høyenergetiske komponenten av den kosmiske stråling. Det interessante med disse teorier er imidlertid at de forbinder studiet av kosmisk stråling med kosmologiske modeller for opprinnelsen til universet, og samtidig er de relevante for fundamentale problemer i moderne elementærpartikkelfysikk. Dette betyr at studiet av kosmisk stråling med stor sannsynlighet i mange år fremover, vil fortsette å være et sentralt forskningsfelt i moderne fysikk.

Referanser

8. E. Fermi: Phys. Rev. **75,** 1169 (1949)
9. W. Baade and F. Zwicky: Proc. Nat. Acad. Sci. **20,** 259 (1934)
10. W.I. Axford, E. Leer and G. Skadron: Proc. 15th ICRC Plovdiv **11,** 132 (1977)
11. G.F. Krymsky: Dok. Akad. Nauk SSR **234,** 1306 (1977)
12. A.R. Bell: Mon. Not. Roy. Astr. Soc. **182,** 147 (1978)
13. R. Blandford and J.P. Ostriker: Ap. J. 221 (1978), L29 (1978)
14. R. Blandford and D. Eichler: Phys. Reports **154,** No 1, (1987)
15. G.E. Brown et al.: Phys. Reports **163,** No 1–3. (1988)
16. J.R. Jokipii and G.E. Morfill: Astrophys. J. **290,** L1 (1985)
17. M. Pettini and K.A. West: Astrophys. J. **260,** 561 (1982)
18. B.D. Savage and K.S. de Boer: Astrophys. J. **243,** 460 (1981)
19. A.M. Hillas: Nature **312,** 50 (1984)
20. A.M. Hillas: High Energy Astrophys. 288 (1985)
21. J.E. Gunn and J.P. Osteriker: Phys. Rev. Lett. **22,** 728 (1969)
22. R.V.E. Lovelace: Nature **262,** 649 (1976)
23. M.J. Rees et al.: Nature **295,** 17 (1982)
24. T.C. Weekes: Phys. Reports **160,** 1 (1988)
25. J. Bonnet-Bidaud and G. Chardin: Phys. Reports **170,** 325 (1988)
26. R.D. Gardner et al.: Phys. Rev. D, **44,** 622 (1991)
27. M.E. Huber et al.: Phys. Rev. D, **44,** 636 (1991)
28. P. Bhattacharjee: Phys. Rev. D, **40,** 3986 (1989)
29. J.J. Quenby and K. Naidu: Nucl. Phys. B 85 (1992)

∞

Søkelys på syn

Arne Valberg *

Innledning

Den kjente britisk–amerikanske nevrologen, Oliver Sacks, skriver i sin siste bok om en 50-årig person, Virgil, som hadde vært blind siden sin tidligste barndom, men som fikk igjen synet etter at operasjoner hadde fjernet grå stær fra begge øynene. Ville synet være normalt fra første øyeblikk, eller var det noe som manglet? Virgils oppførsel var ikke en seendes, men heller som en som var mentalt blind – dvs. i stand til å se, men uten å forstå hva han så. Han kunne ikke bestemme avstander, og romlige forhold og perspektiver var meningsløse. Han kunne lese bokstaver, men ikke sette dem sammen til ord; og bilder var uten mening. Han kunne ikke bestemme en gjenstands form ved synet, men måtte ty til sin gamle metode, berøring. Et yngre menneske ville sannsynligvis kunne trenes opp til et begripelig syn, men Virgil ga opp etter en tid, aksepterte sin gamle blindhet, og følte den som en gave.

Dette eksemplet forteller om en viktig, men ofte glemt side ved det å se. Jeg skal i denne artikkelen skissere en bakgrunn for å forstå Virgils historie.

Hva er problemet?

Studiet av sanseprosesser forteller oss hvorledes organismen ordner den ytre fysiske påvirkning og nyttiggjør seg informasjonene. Sanseorganene og de nevrale prosessene viser mange logiske strukturer. Men for å forstå synsprosessen, bør vi utvide perspektivet og også spørre om hva som er de viktigste perseptive og kvalitative elementene i et synsbilde. I hvilken grad er dybde, bevegelse og farge, slik som vi opplever dem, noe som er fysisk til stede utenfor oss, eller egenskaper "skapt av hjernen"?

Øyet og synssansen har alltid interessert fysikere. Det skyldes kanskje at synet er et av våre viktigste redskaper for erfaring og erkjennelse. Før i tiden hadde fysikere en mer direkte tilgang til naturfenomenene de studerte; sansene og de inntrykk av orden og lovmessighet som de formidlet, var avgjørende i den eksperimentelle forskningen. I dag studeres synsprosessene innen mange fagdisipliner, og synsforskningen blir ofte brukt som paradeeksempel på et forskningsområde hvor tverrfaglighet ikke bare er ønskelig, men nødvendig.

James Clerk Maxwell sa engang at "...det bare er ved hjelp av fargen at vi kan se objektenes form, og dersom sansingen av farger er underlagt noen lover, er det noe i vår egen natur som bestemmer formen på disse lovene." Synsbiofysikken prøver bl.a. å finne disse lovene på det nevrale plan. En kan foruten å studere reseptorer og nevrale prosesser, også være interessert i den strukturering av den fysiske omverden som skyldes sanseorganets virkemåte og i de sensoriske erfaringer som gjør det mulig å danne forestillinger om fysiske ting og hendelser.

Euklid (ca. 300 f.Kr.) mente at synsopplevelsen ble formidlet av "synsstråler" som strømmet ut av øynene og berørte tingene liksom millioner usynlige fingre. Denne forestillingen kan synes merkelig. Men Virgil lærer oss at det motsatte, moderne standpunkt, at det bevisste "*synsbilde*" blir til ved at innfallende stråling avbilder gjenstandene optisk på netthinnen, er like naivt.

Allerede René Descartes funderte på hvorfor vi ser gjenstandene "der ute", i det tre-dimensjonale rom, når hjernen angivelig bare har et to-dimensjonalt (og optisk sett relativt dårlig) netthinnebilde å gå ut ifra. I våre dager ville noen forklare dette paradokset ved å se på vår oppfattelse av tingene rundt oss som en hypotese eller en modell. Denne modellen er en slags mental konstruksjon som går langt videre enn det netthinnebildet formidler direkte. Den bygger på tidligere erfaringer og på vår hukommelse. Tenk bare på hvordan vi etablerte et forhold til omgivelsene som barn. Vi krabbet rundt, tok på ting, puttet dem i munnen, osv. Vi undersøkte omgivelsene med alle sansene og bygde slik opp relasjoner mellom oss og den ytre verden.

Euklids synsstråler kan tolkes som egenskaper som vi projiserer til gjenstandene "der ute", for eksempel dybde og farger. Den kvalitative sansefornemmelsen settes normalt i forbindelse med en fysisk påvirkning,

*Fysisk institutt, AVH, Trondheim.

men kan ikke utledes av denne. 'Kulde' og 'varme' er motsatte kvaliteter knyttet til en en-dimensjonal temperaturskala. Fysiske størrelser som energi og spektralfordeling er noe annet enn fargene 'rød' og 'grønn'. At en så alminnelig sansning som "dybde" også er en slik projisert kvalitativ egenskap, går kanskje ikke opp for oss før vi har opplevd dybdefornemmelsen som en "illusjon" i autostereogrammer. Det er forholdsvis mange mennesker blant oss som mangler dybdesyn.

Vanskeligere blir det når det hevdes at persepsjonen av "bevegelse" også hører til i gruppen av projiserte sansekvaliteter. Men fornemmelse av bevegelse uten posisjonsendring, som en illusjon, er jo ikke noe ukjent fenomen. Bare tenk på den etterbevegelsen du ser når toget stopper på en stasjon. Du har en fornemmelse av at trærne og husene beveger seg. "Bevegelsesblindhet" er funnet hos pasienter med bestemte hjerneskader.

Erfaring av kvalitative egenskaper

Et av de vanskeligste problemene for vitenskapene, er forholdet mellom de fysiske eller kjemiske påvirkningene av en sans og de resulterende opplevelseskvaliteter. 'Kulde' forutsetter aktivering av kulderesptorer i huden. Opplevelsen av 'rødhet' er avhengig av at netthinnen påvirkes av lys; at den irriteres (uten at dette er en tilstrekkelig betingelse). Påvirkningen som utløser opplevelsen kan kalles for et "irritament" eller en *stimulus*.

Opplevelser knyttet til en slik stimulering, den stikkende smerten, kulden, eller eplets surhet, er imidlertid subjektive og private. De er ikke direkte tilgjengelige for observasjon av en annen person, men kan i visse sammenhenger beskrives indirekte ut fra personens reaksjoner. Det er ikke mulig å vite om min opplevelse av 'rødt' og 'grønt' er den samme som din. Men det forhindrer ikke at vi kan bli enige om en måte å ordne, strukturere, våre sansekvaliteter i en slags fenomenologi.

Teknisk fargemåling forutsetter – og bekrefter – at der er en stor grad av enighet om hvilke fargestimuli som *ser like ut*, til tross for vidt forskjellige spektralfordelinger. Slike virkninger av stimuli lar seg observere og beskrive vitenskapelig, som fotokjemiske og elektriske prosesser i sanseceller. Young–Helmholtz' trikromatiske teori for fargesyn er ikke noe annet enn en slik beskrivelse – som har svært lite å gjøre med selve fargeopplevelsen. Men hvordan kan 'rødhet' eller 'sur smak' oppstå av spenningsendringer i nerveceller? Ingen har noensinne kunnet lokalisere eller påvise hvilke hjerneprosesser som leder til tomatens 'rødhet', eller til sitronens 'surhet'. Vi ser en rød tomat på bordet og ikke inne i hodet. Den røde fargen blir projisert til tomaten, og surhet lokalisert til et smaksstoff på tungen.

Noe av innholdet i sansningen, tenkningen og i emosjonene, kan vi uttrykke språklig. Språket bygger tilsynelatende bro mellom "subjektive", indre opplevelser og "objektive", ytre hendelser. Den umiddelbare opplevelsen går tapt, mens noe annet blir vunnet. Det skrevne ord, f. eks. 'rød', eller lyden når vi uttaler det, er bare stedfortredende. Språket benytter symboler som *peker på* noe opplevd, vel og merke for den som vet hva det vil si å se en rød farge og som vet at denne erfaringen er forskjellig fra å se en grønn farge. Kommunikasjon forutsetter at en har hatt slike opplevelser selv og at en evner å huske dem.

Det vi vanligvis mener med bevissthet, inkluderer både evnen til å oppleve, tenke på det opplevde, og å gi det et språklig uttrykk. Hvilke konsekvenser har det for virkelighetsoppfatningen at, for eksempel, fargekvaliteter mangler? Har de 8 % menn og ca. 0,5 % kvinner med fargesyndefekt en redusert bevissthet? Enn hvis det språklige uttrykket mangler? Kanskje foreligger det da en form for *begrepsblindhet*, siden en slik person ville ha vansker med å "sette ord på ting". En kan ofte ha følelse av at når begrepene mangler, har vi heller ingen bevisst erfaring på det gjeldende området. Hva er så det mest primære, refleksjonen eller sansningen? Eller gjelder fortsatt Aristoteles' utsagn om at ingen ting kan eksistere i bevisstheten uten først å ha passert sansene?

Kanskje kom vi til verden med en form for "synaesthesia" (eng. betegnelse på det skjeldne fenomen at ord framkaller farger, eller at lyder forårsaker smak), som vi vokser fra etter hvert? Et lysglimt på en nyfødts øye framkaller ingen respons i den bakre delen av hjernen hvor synssenteret er lokalisert hos en voksen. På en voksen fører et lysglimt til at det strømmer blod til synssenteret; et tegn på økt aktivitet som kan måles med PET (Positron Emission Tomography) eller MRI (Magnetic Resonance Imaging). Dette kan tyde på at spesifikke kontakter mellom øye og synsbark formes etter hvert som hjernen modnes. Når personer med "synaesthesia" f.eks. syns at "purpur lukter søtt", er det derfor mulig at noe er kommet i veien for opprettelsen av normale forbindelser, og at opprinnelige kryssforbindelser er blitt opprettholdt. På den måten kan sansene "blandes" og lage de merkeligste fenomener som sies å være til stor glede for de få som har slike evner.

Synsprosessen som naturvitenskap

En sammenligning av informasjonskapasiteten for hørsel og syn viser at synssystemet er det viktigste sanseorganet. Anatomisk kommer synssystemets dominans til uttrykk i at 60 % av alle nervefibre fra et sanseorgan til hjernen kommer fra øyet. Fra øret

går det ca. 30 000 fibre, mens tallet for øyet ligger mellom 1 og 2 millioner. I hjernebarken finnes det ca. 800 000 nerveceller i hørselssenteret, mens der er ca. 500 millioner i synssenteret.

Vi kan foreta følgende forenklede inndeling av nevrofysiske prosesser som leder til syn:

1. Avbildning. Dette er en overføring av den romlige lysfordelingen av reflektert og direkte lys til øyets netthinne ved hjelp av de optiske øyemediene (hornhinne, kammervæske, linse og glasslegeme).

2. Deteksjon. Med det mener vi omvandling av energien i fotonene som absorberes i fotoreseptorene ($6 \cdot 10^6$ staver og $124 \cdot 10^6$ tapper) til elektriske potensialer og påfølgende nevral aktivitet. En sammenligning av den minste energi som skaper et synsinntrykk (terskelverdien) med responsen i nerveceller gir mulighet for å knytte psykofysikk og nevrofysiologi sammen.

3. Nevral koding. Signaloverføring. Forbindelsen mellom $130 \cdot 10^6$ reseptorer konvergerer på $1 - 2 \cdot 10^6$ ganglieceller i netthinnen. Netthinnens forskjellige celletyper foretar en organisering og dekomponering av billedinformasjonen og overfører denne i en nevral kode til hjernen. En tror i dag at dette skjer i to parallelle og uavhengige *parvocellulære* (PC-) og *magnocellulære* (MC-) signalveier fra netthinnen, via knekroppen til synsbarken. PC-cellene overfører informasjon om bl.a. fargesyn, mens MC-cellene tar seg av bevegelse og raske temporale endringer. I hjernen oppstår det divergens, idet disse signalveiene knytter kontakter til et nettverk som totalt består av ca. 500 millioner nerveceller.

4. Adaptasjon. Øyet tilpasser seg de skiftende lysforhold, fra tussmørke til strålende sollys, og til belysningens skiftende farge, uten at gjenstandenes utseende endrer seg vesentlig. Adaptasjonen strekker seg over mer enn 10 dekader, mens cellenes maksimale "fyringsfrekvens" holder seg innenfor 3 dekader (under 1000 impulser pr. sekund).

5. Differensiering og strukturering. Her kan en forestille seg et samspill av divergerende, konvergerende og parallelle signalveier eller "kanaler" i hjernen som alle mottar input fra et felles sett av reseptorer i netthinnen. Strukturering kan bestå av et slags hierarki av funksjonelle enheter, dvs. celletyper som tar seg av forskjellige komponenter av synsbildet, og i en anatomisk adskillelse av celletyper med forskjellige oppgaver.

Sansning av konturer og kontraster, orientering (relativ vinkel), farge, tekstur, rom og bevegelse, f.eks., er avhengig av vekselvirkninger mellom mange celler i dette nettverket. Dessuten skjer behandlingen av flere av disse egenskapene i forskjellige områder av hjernen, noe som i dag kan fastslås ved hjelp av moderne avbildningsmetoder som *Positron Emission Tomography (PET)* og *functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)*, og kildeanalyse ved hjelp av *Visual Evoked Potential (VEP).*

6. Identifikasjon, interpretasjon og handling. Dette er bare stikkord for de sentrale hjerneprosessene, som foruten det som skjer i synssenteret i hjernebarken, også må omfatte de andre sansene og høyere mentale prosesser (hukommelse, kontekst, etc.). Handling innvolverer muskler og er sluttproduktet av en lang kjede av hendelser.

Synsprosessen kan behandles på forskjellige nivåer, og i listen ovenfor er det en progresjon fra "lavere" til "høyere" funksjoner. Den naturvitenskapelige forskningen studerer såvel mikroplanet – den enkelte celle og kommunikasjonen mellom celler – som makroplanet, hvor det er tale om vekselvirkning mellom mange celler.

Dekomponering av "det fysiske bildet"

Etter tilpassingen til de rådende lysforhold, er sansingen av *kontrast*, dvs. farge og *relativ* lyshet eller lyshetsforskjeller, det viktigste for en organisme. Kontrast i forhold til en bakgrunn er den viktigste forutsetningen for å kunne se *noe* i rommet (deteksjon) og for å kunne iaktta f.eks. bevegelse. For å *identifisere* dette *noe* og å lokalisere det, trengs større kontrast enn for deteksjon, ved siden av godt utviklet form-, dybde- og fargesyn og normale mentale evner.

Det er ingen enkel overføring av et optisk bilde på netthinnen til en avbildning i hjernen. En kan forestille seg at "virkeligheten" spaltes opp i komponenter av netthinnens celler, og at de fysiske størrelsene blir omvandlet til signaler som hjernen kan dekomponere og tyde (noe Virgil, eller hans hjerne, tydeligvis ikke kunne). Det dannes flere nevrale representasjoner eller abstrakte "kart" av det fysiske bildet, og en antar at over 30 hjerneområder er involvert i synsakten.

Hvorledes ser så disse "kartene" ut? Hvordan kan hjernen bringe orden og mening i det virvar av aktiviteter som utløses i millioner av nerveceller av den enkleste påvirkning? Allerede i netthinnen reagerer cellene bare på lys som befinner seg innenfor et lite, begrenset området av synsfeltet. Denne romvinkelen har størrelse på noen få grader og er cellens "territorium". Det som skjer utenfor dette området enser cellen ikke. Alle cellene til sammen dekker hele synsfeltet, og dermed vil en enkelt celle kunne bidra til å bestemme

relativ posisjon til en gjenstand. Noen celletyper signaliserer vesentlig endringer i det fysiske bildet, mens andre reagerer mer vedvarende på stasjonære, fargede flater. Disse to hovedgruppene av celler, de såkalte MC- og PC-cellene, har med andre ord en arbeidsdeling seg imellom.

På høyere nivåer i hjernen blir cellene mer selektive. Noen reagerer bare på en eller noen få farger, mens andre gir fra seg et signal bare når de "ser" en bestemt vinkelorientering av en kontrastgrense, f.eks. en linje på et papir. Dreies linjen 10° fra den optimale aksen, slutter disse cellene å reagere og andre overtar. Slike celler reagerer også ulikt på kontraster av forskjellig romlig utstrekning (spatial frekvens). Atter andre celler signaliserer bare bevegelse i en bestemt retning innenfor deres territorium i synsfeltet.

Dyreforsøk har vist at utviklingen av en normal følsomhet er avhengig av at synssystemet utsettes for en normal påvirkning i ung alder. Når synspåvirkningen uteblir, eller hvis den er for ensidig, kan dette virke inn på systemets struktur og ytelse senere i livet.

Et klassisk eksempel fra Thorsten Wiesel og David Hubels (Nobelpris i 1981) forskning er at kattunger som ikke får se noe annet enn vertikale sorte og hvite striper i de første ukene av sitt liv, senere vil mangle evnen til å skjelne f.eks. horisontale striper. Wiesel og Hubel påviste at synscellene i hjernen hos katter diskriminerer mellom de stimuli de blir utsatt for i de første leveukene etter at de har åpnet øynene. Hos høyerestående pattedyr varer denne plastiske fasen lengre. I mangel av adekvat stimulering, overtar cellene andre funksjoner.

Dette kaster også et interessant lys på tilfellet Vergil. Kanskje den delen av hjernen som skulle tolke synsinput var blitt tildelt andre, viktige funksjoner. Slik kunne f.eks. kompensatoriske mekanismer oppstå.

Fra netthinne til hjernebark foregår det altså en oppsplitting av bildet i forskjellige komponenter – eller dimensjoner, om en vil. For eksempel kan ekstrahering av en visuell form oppnås på mange måter: ved hjelp av lyshet, farge, bevegelse, kontur eller dybde. Informasjon om delvis dekomponerte egenskaper sendes til hjernen via forskjellige divergerende og konvergerende signalveier og nervesystemer. I hjernen skjer en lokalisering i forskjellige områder, og en videre strukturering, før informasjonene blir gjort tilgjengelige slik at individet skal kunne forberede en passende handling.

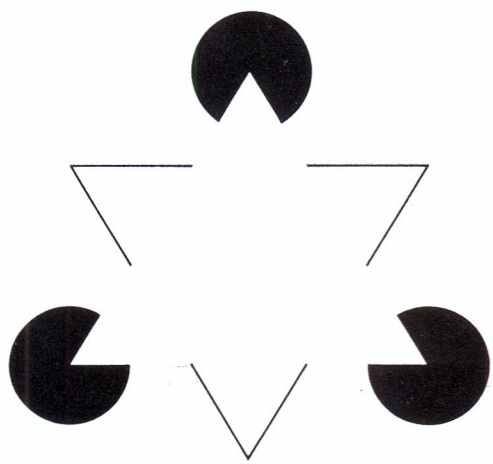
Så kan en spørre hvilken sammenheng det er mellom vår fysiske dekomponering av virkeligheten og vår perseptive dekomponering av synsbilder. Må vi i tillegg til 'informasjon' tilføye en 'utformasjon'? Hvordan avspeiles disse forskjellige "virkelighetene" i de nevrale prosessene?

I synssystemet finnes det celletyper som reagerer spesifikt på de fysiske størrelsene som initierer en sanseerfaring (f.eks. en spektralfordeling som under gitte forhold initierer fargen 'blå'). I andre tilfeller, hvor egenskapene ikke er direkte forhånden, men bare kan forstås ut fra en sammenheng, dvs. den kontekst de står i (som de illusoriske konturene i Kanizsas trekant, figur 1), kreves det en vekselvirkning mellom mange nerveceller for å "konstruere" en persepsjon.

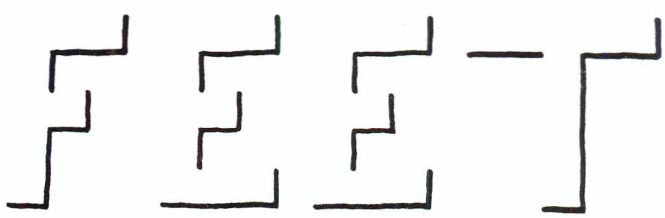
Spesifikke elementer som inngår i synsbilder omfatter bl.a.: *kontrast – farge – tekstur – linje – form – orientering – kontur – dybde – forgrunn – bakgrunn – bevegelse – retning – hastighet – størrelse – temporal endring – posisjon – belysning.* Disse stikkordene minner mye om temaene for kongresser i "*Computer vision*" og "*Artificial intelligence*" for noen år tilbake.

Nevrale nettverk

Spørsmålet om hvilke fysiske størrelser de forskjellige celletypene reagerer på, blir derfor også et spørsmål om hvilke perseptive elementer som er viktige for organismen. Eksemplet med illusoriske konturer (figur 1 og 2) viser at celler også reagerer på ekstrapoleringer av fysiske fakta. Det er derfor naturlig å spørre hvorledes disse elementene kombineres til en helhet som oppfattes. Visuelle illusjoner kan brukes til å avlure synsapparatet dets hemmeligheter.



Figur 1. Kanizsas trekant viser at vi ser mer enn hva som er til stede. Mentalt fullfører vi figuren ved å "trekke linjer" til en trekant. Celler i synsbarken ekstrapolerer på samme måte.



Figur 2. Enda et eksempel på ekstrapolasjon.

For å forstå betydningen av nervesystemer og prosesser i hjernen, må vi kjenne egenskapene til grupper av enkeltceller og hvordan de vekselvirker.

Engelskmannen Horace B. Barlows "nevrondoktrine" (1972) fremhever de enkelte nevronenes betydning som signalelementer. Han prøvde å sannsynliggjøre en sammenheng mellom enkeltcellers aktivitet og sansning og skrev bl.a. at "*... persepsjon er forårsaket av aktiviteten i et lite antall nevroner i en meget større gruppe av overveiende ikke-aktiverte celler. Aktiviteten til hver enkelt celle er derfor et viktig hendelse som leder til persepsjon og som antagelig på en enkel måte kan relateres til vår subjektive erfaring.*"

Denne oppfatningen, at det finnes spesifikke nerveceller som representerer en integrert nevral respons, har ført til store framskritt i studiet av enkeltcellers funksjon.

Ønsker en å finne sammenhenger mellom nevral aktivitet og sansning, er det av betydning å undersøke hvilke funksjoner som kan føres tilbake til reaksjonen til enkeltceller og hvilke som skyldes samspillet mellom mange nevroner i et sammensatt nettverk.

I netthinnen, og på de neste nivåene i hjernen, er enkeltcellene funksjonelt multidimensjonale. Deres informasjon er tvetydig. Endringer i farge, luminans og romlig utstrekning kan alle påvirke responsen. Senere trinn i signalveien må avgjøre hvilken av de tre mulighetene som foreligger. En slik separasjonen kan for eksempel skje ved å sammenligne cellens respons med andre celler som reagerer på en annen kombinasjon av parametre, eller som tilhører mer spesialiserte funksjonelle nevrale nettverk. Dette skjer ved å kombinere aktivering og hemming mellom konvergerende og divergerende signalveier fra lavere til høyere nivå i synssystemet.

Konvensjonell elektrofysiologi måler aktiviteten og kartlegger egenskapene til en celle om gangen, og det er derfor en oppgave for teoretikere og modellbyggere å finne sannsynlige og etterprøvbare kombinasjoner av celletyper som viser samme oppførsel som visuell persepsjon.

Doktrinen om at nervesystemets funksjon best kan beskrives på enkeltcellenivå, har fått støtte i eksperimenter med svake påvirkninger nær synsterskelen. Sammenligninger av psykofysiske og nevrale følsomheter for lys og farge tyder på at det er den mest følsomme gruppen av celler som bestemmer terskelen.

Den alternative, og mer generelle hypotesen, at objekter og deres egenskaper representeres av et ensemble, eller et nettverk av celler (moduler som kan være fordelt over mange områder i hjernen), er attraktiv for stimuli med intensiteter over terskelnivået. Hypotesen fører imidlertid til et nytt problem, det mye omtalte bindingsproblemet mellom modulene.

Objektegenskaper som farge, bevegelse, form, orientering etc. er vanligvis "bundet" sammen hos et objekt til en enhetlig persepsjon, f.eks. når bildet av en gul folkevogn beveger seg hurtig over netthinnen. De kortikale prosessene, lokalisert til tre adskilte moduler, må derfor foregå parallelt. Siden signalene bruker en viss tid for å gå fra et hjerneområde til et annet, kunne en tenke seg at fargen på folkevogna ble adskilt fra formen og hengende etter i bevegelsen (farge kodes jo i de langsomme PC-cellene, mens bevegelse signaliseres av de raskere MC-cellene). Slike tilfeller er blitt beskrevet hos pasienter med hjerneskader, men siden denne adskillelsen normalt ikke forekommer, må en anta at det etableres samsvar i tid mellom de "distribuerte" nevrale aktivitetene.

Altså må populasjonene av distribuerte celler, modulene, som svarer til de forskjellige egenskapene ved et gitt objekt, aktiveres samtidig; de må vise stimulus-spesifikk synkronisert aktivitet. En slik synkronisasjon kan muligens skje via en oscillatorisk nerveaktivitet som i de senere årene er påvist hos flere dyrearter, i området fra 30 til 70 Hz. Det er først i de senere årene at disse *integrative funksjonene* av nervesystemer i hjernen er blitt tatt opp i sin fulle bredde.

"Nevrale nettverk" kan også være matematiske konstruksjoner som studeres ut fra mange motiver, hvor kunstig syn og mønstergjenkjenning er ett. I et slikt nettverk, kan graden av kobling mellom enhetene endres etter regler som er tilpasset den oppgaven nettverket skal utføre. Nettverkets "hukommelse" er bestemt av vekten til disse kontaktene eller "synapsene". Slike enkle, matematiske nettverk viser interessante og overraskende egenskaper. For eksempel kan mange av nettverkets "nevroner" fjernes eller tilføyes uten at det har noen særlig betydning for nettverkets oppførsel. Dette kan sees som en analog til at selv om mange celler i synssentrene i hjernen går tapt, betyr det ikke noe særlig for synsevnen.

Sluttord

Vi har i denne artikkelen beveget oss fra 'det indre' til 'det ytre' og tilbake igjen. Enten en er tilhenger av en dualistisk oppfatning av en objektiv, fysisk verden adskilt fra den subjektive, eller en foretrekker en mer helhetlig forestilling, så hjelper hjerneforskningen oss til å avgrense de fundamentale problemene slik at vi ser klarere hva de består i. I denne sammenhengen viser Virgils historie oss hvilken avgjørende rolle vi selv spiller i møtet med den fysiske omverden.

Litteratur

1. Barlow, H.: *Single units and sensation: A neuron doctrine for perceptual psychology?* Perception **1** , 371–394 (1972)
2. Crick, F.: *The Astonishing Hypothesis.* Scriber's Sons, New York (1994)
3. Raichle, M.E.: *Visualizing the Mind.* Scientific American, april (1994), side 36
4. Sacks, O.: *An Anthropologist on Mars.* Picador, London (1995)
5. Valberg, A. and B.B. Lee (red.): *From Pigments to Perception.* Plenum, New York (1991)

∞

Naturvitenskapelige bommerter i litteraturen

*Olav Steinsvoll * og Joe McCauley * **

Innledning

I ei lita bok "De to kulturer" av C.P. Snow, ble det hevdet at naturvitenskapsmenn vanligvis vet mer om kunst og humaniora enn folk i de humanistiske fag vet om naturvitenskap. I vår tid da teknikk og naturvitenskap legger grunnlaget for vår materielle kultur og dermed også for de andre kulturytringene, trenger vi derfor sårt populære framstillinger som bygger bru over kunnskapskløften mellom de to. Boka "Sofies verden" av Jostein Gaarder, er et godt forsøk på å formidle filosofiens historie til almenheten i en lettfattelig, jordnær og lekende form. Salgsstatistikken for boka viser at det fins en veldig kunnskapstørst over hele verden for dette emnet.

En stor og viktig del av de filosofiske tankebaner gjennom tidene må karakteriseres som *naturfilosofi*: Hvordan er Universet bygd opp, hvordan virker det og hva er menneskets plass midt i dette? Fra et menneskesentrert syn i oldtida og mellomalderen er en etterhvert blitt klar over at vi er små kryp på en liten klode i bane rundt Sola i utkanten av en av atskillige millioner galakser, hver med noen hundre milliarder stjerner, på et tilfeldig tidspunkt i Universets historie. Vi er alle unike resultat av noen milliarder kreative tilfeldigheter under livets utvikling på Jorda!

*Institutt for energiteknikk, Postboks 40, 2007 Kjeller.

**Department of Physics, University of Houston, Texas 7704, USA.

I vår hverdag og jordnære strev bør en likevel ha en riktig forståelse av dagliglivets fysikk, slik som hvilke lover som styrer bevegelsen av legemer på Jorda, f.eks. en bil eller en stein som blir kastet. Som fysikere er det derfor sørgelig å oppdage at både idéhistorie og forklaringer på enkle fysiske fenomener noen steder er blitt feil framstilt i "Sofies verden". I så henseende føyer Gaarder seg inn i rekken av andre kjente romanforfattere som også har gjort naturvitenskaplige feil i sitt forfatterskap. Det er klart at en feil i en roman ikke ødelegger bokas litterære verdi, men fagfolk vet ofte ikke om de skal gråte eller le når forfattere tar litt for lett på naturfenomener.

Feil i litteraturen

La oss se litt på hva som er blitt skrevet. En forfatter lar noen pumpe vann oppover bakke i ei åpen grøft. Her må det nok en rørledning til! En annen lar granittlag være del av sedimentære avleiringer. I W. Goldings bok "*Lord of the flies*", lager Ralph ild ved å bruke brillene til nærsynte Piggy som brennglass. Ved nærsynthet brukes som kjent spredelinser som gjør det motsatte av å samle sollyset! Litt senere lar forfatteren en smal månesigd gå opp i øst like etter at Sola er gått ned i vest. Det kan ikke ha vært en sigd, men en fullmåne! Lettsindig omgang med Månen er et gjennomgangstema. Ofte får en inntrykk av at Månen fyker omkring på himmelen inntil det er blitt mørkt nok. En forfatter plasserer lysende stjerner inne i månens sigd. Denne plassen må nok reserveres

for den delen av Månen som ikke er belyst! Forfatteren av Tarzanbøkene, E.R. Burroughs, satte aldri foten sin på Afrikas jord. Det vises i bøkene der han forteller så livaktig om merkelige planter og dyr på dette kontinentet at biologer får seg en god latter. I en annen kategori kommer forfattere av *science fiction* der ting går fortere enn lyset, personer går tilbake i tid og dreper sin far da han var guttunge osv. Dette er usannsynlige ting, men underholdende og tankevekkende. Bøker og uttalelser fra astrologer, healere, magnetisører og homøopater må vel få denne merkelappen!

Vi kan også ta med en morsom norsk variant fra Romerike. Noen år etter flomkatastrofene i området, i 1966 og 1967, sendte en ordfører et åpent brev til regjeringen der det ble bedt om raske tiltak innafor flomsikring ettersom det ville være stor fare for skadeflom – siden påsken kom så sent det året!

Feil i "Sofies verden"

Når Aristoteles redegjør for bevegelser av legemer, sier han at et legeme bare kan holdes i jevn bevegelse ved at det stadig er krefter som driver det fremover, ellers forbruker det sin bevegelsesevne og går i stå. Det er mange fenomener i det daglige liv som kan synes å gi Aristoteles rett. Til tross for dette, utledet Galilei at nettopp det motsatte fant sted! Han fant nemlig at et legeme ville ligge i ro eller oppvise en rettlinjet bevegelse med konstant fart i all framtid når det *ikke* ble påvirket av noen krefter. En påvirkning som endrer bevegelsestilstandene ovenfor, definerer Galilei som en kraft. Galilei uttrykte seg ikke så klart som ovenfor, men han gikk tydelig imot Aristoteles "følgekrefter". Derfor tillegges han æren for å ha funnet treghetsloven. Forfatteren forteller noe om dette på side 204, og han fortsetter dialogen mellom Sofie og Alberto:

Alberto: - Nå fantes det ikke tog på Galileis tid. Men hvis en fører en kule over gulvet – og så plutselig slipper den ...

Sofie: - da triller kulen videre.

Alberto: - fordi hastigheten blir opprettholdt også etter at du har sluppet kulen.

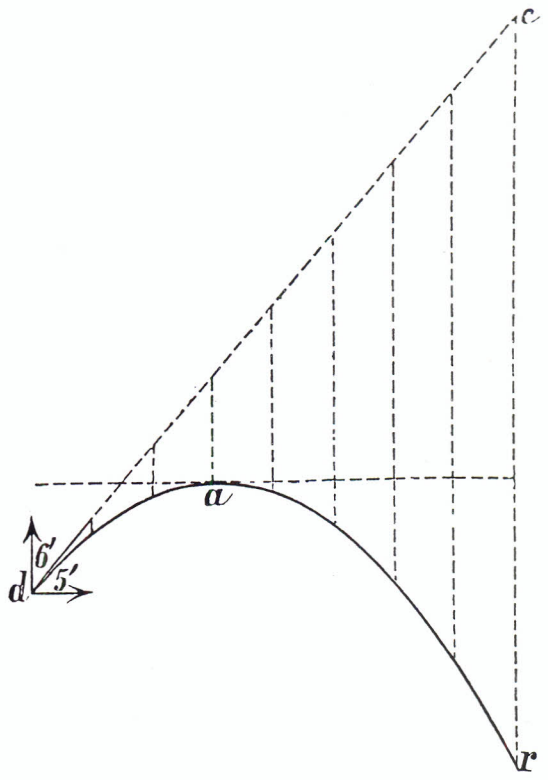
Sofie: - Men til slutt stopper den, hvis bare rommet er langt nok.

Alberto: - Det er fordi andre krefter bremser ned hastigheten. For det første bremser gulvet, særlig hvis det er et ubehandlet tregulv. Men også tyngdekraften vil før eller senere bringe kulen til ro ...

Her begynner vi å ane uråd. Forfatteren ser ut til å tillegge kula å eie, eller å være påvirket av, en kraft siden "andre krefter" må bremse den ned. Den mystiske kraften settes opp mot bremsekrefter som friksjonskraften og tyngdekraften(!). Er det en ny slags "Aristoteleskraft"? Alberto fortsetter så med et eksperiment for Sofie der han støter til ei sotete kule og lar den trille sidelengs ned et skråplan. Sofie ser at sotsporet etter kula blir en parabel. Alberto sier så på side 206:

- Du har sett hvordan det går når to krefter virker samtidig på en og samme gjenstand. Galilei oppdaget at det samme gjaldt for eksempel for en kanonkule. Den skytes opp i luften, og fortsetter sin flukt over bakken, men etter hvert vil den også trekkes mot jorden ...

Vi aner enda mer uråd. Galilei fant kasteparabelen og forklarte den ved virkningen av bare én kraft, nemlig Jordas tiltrekning sammen med treghetsloven.



Figur 1. Galileis enkle forklaring av kurven for skrått kast. På grunn av treghetsloven og gravitasjonskraften inngår det i kastekurven to bevegelser, en rettlinjet bevegelse med jevn fart i retning dc og en akselerert fallbevegelse i retning av de stiplete parallelle linjer. Den resulterende bevegelse i virkeligheten blir derfor langs en del av en parabel, dar, med toppunkt i a. Med Newtons kosmiske utgangspunkt vil de parallelle linjene i figuren gå over til linjer som stråler ut fra Jordas sentrum. Månen vil derfor få en kontinuerlig variabel fallretning inn mot dette sentrum, og banen vil bli en del av en ellipse.

Galilei var likevel ikke "revolusjonær" nok, ettersom han gjorde et unntak fra treghetslovens krav om rettlinjet bevegelse for "de himmelske legemene" (Månen og planetene) og tillot dem å gjennomføre "naturlige bevegelser" som ifølge Aristoteles var sirkler. Han var tilhenger av Copernicus og måtte gi etter på dette punkt, men hovedsaken var at bevegelsesforma fortsatte i all framtid. Newtons store innsats i dette løpet var at han innså at Månen, selv om den var "himmelsk", i sin bane hele tida falt inn mot Jorda i et sentralt gravitasjonsfelt som i en avstand r fra Jordas sentrum var blitt "uttynnet" med en faktor $1/r^2$. Hvis Jordas radius er R og Månens avstand fra Jorda er R_M, burde Månens fallengde per sekund mot Jorda derfor være tilnærmet (R^2/R_M^2) av et legemes fallengde per sekund på Jorda. Teorien stemte godt med de astronomiske data. Newton alminneliggjorde derfor Galileis treghetslov til å gjelde alle forhold, både de jordiske og himmelske. Treghetsloven ble Newtons 1. lov. En del av dette omtales på sidene 207 og 208. Det avgjørende bevis for at det virkelig er "gjenferdet" Aristoteles som går igjen, finnes på side 208:

Sofie: Er det to forskjellige krefter som virker på månen?

Alberto: Akkurat. En gang da solsystemet oppstod, ble månen slynget av gårde – og altså vekk fra Jorden – med en voldsom kraft. Denne kraften vil den ha i all evighet fordi den beveger seg i et lufttomt rom uten motstand.

Sofie: Men så blir den også trukket mot Jorden på grunn av Jordens tyngdekraft?

Alberto: Nettopp. Begge de to kreftene er konstante – og begge virker samtidig. Derfor vil månen fortsette å gå i bane rundt Jorden.

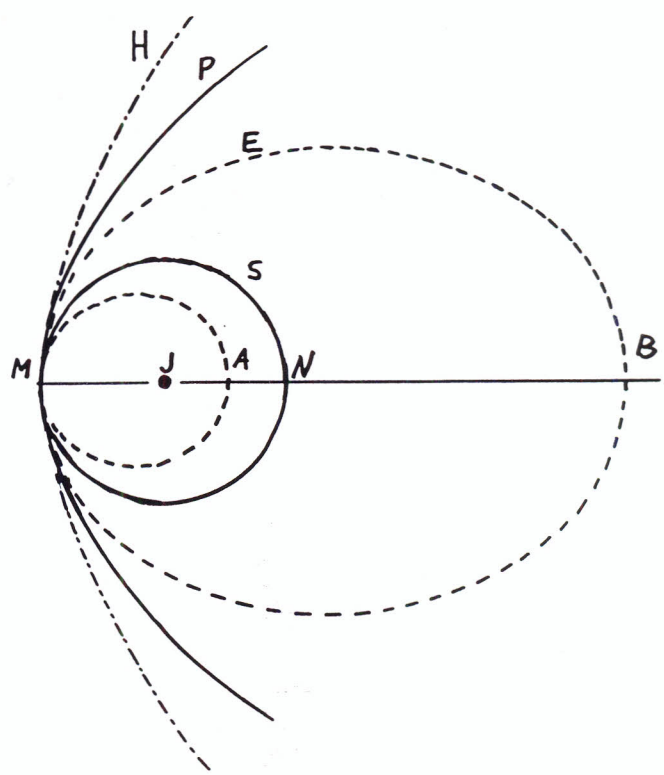
Sofie: Er det virkelig så enkelt?

Alberto: Så enkelt er det, og . . . Når to krefter virker samtidig på et legeme, vil legemet bevege seg i en ellipseformet bane.

Sannheten er at ser vi bort fra påvirkningen fra Sola, virker det bare *én kraft* på Månen i dens bane rundt Jorda, nemlig gravitasjonskraften mellom dem. Når Månen går i en bane uten friksjon (lufttomt rom), er det imidlertid *to bevaringslover* som samtidig oppfylles, nemlig lovene om energibevaring og bevaring av det angulære moment eller impulsmomentet. Resultatet er blitt at Månen går i en svakt elliptisk bane rundt Jorda med deres felles tyngdepunkt som det ene brennpunktet. De to bevegelseskonstantene ble tilført Månen ved tidenes morgen. Tilsvarende forhold finner vi naturligvis også for Jordas omløp rundt Sola.

Månens opphav

Kan så Månen være blitt "skutt" opp fra Jorda? Kunstige satellitter til Jorda må plasseres i passende baner over lufthavet ved hjelp av raketter der størrelse og retning av bevegelseskonstantene for legemet er riktige i det øyeblikk siste trinn av raketten brenner ut og satellitten skytes vekk fra den. Mindre etterjusteringer (stopp av spinn f.eks) kan skje ved utblåsinger fra små dyser på selve satellitten. Selv ikke i det tilfellet at Jorda var uten atmosfære, ville en kunne skyte noe inn i en satellittbane rundt den med f.eks. en kanon på overflaten. Satellitten må løftes opp til den riktige høyden over Jorda og der gis de riktige bevegelsesparametrene. Dette er enkelt å forstå siden utskytningspunktet på Jorda vil bli liggende på legemets ellipsebane rundt



Figur 2. En satellitt er løftet opp i en avstand MJ fra en klode J. Gis satellitten i punktet M en bestemt fart v_S normalt på aksen MJ, får satellitten en sirkelbane S rundt kloden. Gis den mindre fart enn v_S, får satellitten en ellipsebane med kloden i det ene brennpunktet. Punktet M blir aphel (lengst fra brennpunktet) og punktet A blir perihel (nærmest brennpunktet) i denne banen. Gis den derimot noe større fart enn v_S, får satellitten også en ellipsebane E, men punktet M blir nå perihel i banen. Satellitten gjennomløper banen og kommer tilbake til M. Økes farten ytterligere, fås parabelbaner P og hyperbelbaner H. I de siste tilfellene forsvinner satellitten ut i verdensrommet og kan vel egentlig ikke kalles en satellitt!

brennpunktet (omtrent Jordas sentrum), og legemet derfor faktisk vil "butte" i Jorda allerede ved første omløp, lenge før det kom tilbake til utgangspunktet som det må innom! En mulig løsning ville være å gå opp på Mount Everest og skyte ut legemet med tilstrekkelig fart langs en tangent til jordoverflata. Illustrasjonen i noen bøker om overgangen mellom "skytekurven" og Newtons tankesprang om Månen gir derfor en feil framstilling av disse forholdene. Newtons egen illustrasjon derimot, viser utskyting fra et høyt tårn.

Det knytter seg derfor atskillige gåter til Månens opprinnelse, og det er flere forklaringsmodeller. Den såkalte *samdannelsesmodellen* er den mest sannsynlige forklaring. Der antar en at både Jord og Måne ble født ut av den samme diskosformete tåkeskya av stoff liksom resten av solsystemet. En får da både en forklaring på at månebaneplanet og jordbaneplanet er nesten sammenfallende og at Månen har samme rotasjonsretning som Jorda og alle planetene. Andre, mindre sannsynlige forklaringer er *sammenstøtsteorien*, der et stort legeme utenfra, omtrent på størrelse med Mars, treffer Jorda og slynger stoff som senere blir til Månen, ut i bane (en modifisert utgave av Albertos forklaring?), *innfangingsmodellen*, der Jorda fanger inn et legeme i sitt gravitasjonsfelt, og *spaltingsmodellen*, der det roterende, flytende urstoffet som ble Jorda, fikk en ustabilitet og skilte ut Månen.

Et kapittel bør rettes

Framstillinga i "Sofies verden" ville faktisk blitt enkel, og både fysisk og idéhistorisk riktig, dersom Jostein Gaarder konsekvent hadde basert sine utledninger av kulebaner på skråplan, kastekurver og planetbaner, bare på treghetsloven og gravitasjonskraften, i tråd med, og som en videreføring av, Galilei. De feil vi har påvist er såpass alvorlige at vi vil råde Gaarder til å rette opp kapitlet Renessansen i "Sofies verden", og dessuten gå ut til alle sine lesere med en beriktigelse! Ingen vil vel ta boka som ei lærebok i mekanikk. Men dette er ei ungdomsbok, nesten ei kultbok, som går som en farsott over hele verden, og innholdet i dette kapitlet står i sterk motsetning til hva vi som lærere strever med å innprente våre studenter av fysikkens mest fundamentale grunnlag.

Litteratur

1. Jostein Gaarder: *Sofies verden. Roman om filosofiens historie. 13. opplag.* H. Aschehoug & Co (W. Nygaard), Oslo (1994)
2. Martin Gardner: *Literary Science Blunders.* Skeptical Inquirer, Jan/Feb (1995)
3. William T. Thomson: *Introduction to Space Dynamics.* Dover Publications, NY (1986)
4. Joe McCauley: *Classical Mechanics: Flows, transformations, integrability and chaos.* Cambridge Univ. Press (Utkommer desember 1995)
5. Kaare Lund Rasmussen: *Månens oprindelse. En planetfysisk gåde.* Nysyn Munksgaard, København (1993)

∞

Bokkronikk

Kip S. Thorne: Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy. Picador, 1994. (619 sider), £20,00.

Svarte hull i Einsteins mystiske univers

"Det som virkelig interesserer meg, er å se om Gud egentlig hadde noe valg da han skapte verden," sa mennesket Albert Einstein. I tiåret 1905–1915 formulerte han sitt mesterverk: *Den moderne teori for gravitasjon.* Denne generelle relativitetsteori sier at energifordelingen i verden bestemmer geometrien for tid og rom, men geometrien avgjør til gjengjeld hvordan materien må bevege seg. Men naturen selv er naturvitenskapens nådeløse fasit. Og Einsteins teori bestod prøven. Den forklarte planeten Merkurs bevegelse ganske perfekt. Det greidde ikke Newtons gamle tyngdekraftteori. Lysstrålene fra fjerne stjerner ble avbøyet nær sola, men dobbelt så mye som Newtons teori påstod. Einstein hadde rett igjen. Einstein ble spurt om hvordan han ville ha reagert dersom teorien ikke hadde passet med observasjonene. "Da ville jeg hatt vondt av den gode Gud," svarte fysikeren.

Svarte hull

Utgangspunktet til Einstein var at vi ikke føler tyngdekreftene når vi er i fritt fall. Deretter benyttet han sin enestående fysiske intuisjon til å fastslå at tidevannskrefter må ha noe med krumning av geometri å gjøre. Like før året 1915 rant ut, la han fram sine feltlikninger for gravitasjon. Mange fysikere har siden

vært beskjeftiget med å finne ut hva disse likningene sier om verden. Men selv en Eistein rygget tilbake for de mest merkelige og skremmende konsekvenser: Det kan finnes områder i kosmos der gravitasjonen er så sterk at selv lyset ikke kommer unna. Disse områdene kalles nå svarte hull, og gravitasjonsteoretikerne forsker intenst på disse fenomenene.

Lyspartikler

En av de fremste forskerne er amerikaneren Kip Thorne. Han har nå skrevet ei mektig populærvitenskapelig bok som i stor detalj forteller de svarte hulls historie. Boka har tittelen *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy,* og den tar oss like fra slutten av 1700-tallet til den moderne forskningsfronten. Newton mente nemlig at lys består av små partikler. Men i 1783 påpekte så engelskmannen John Michell at lyset da blir påvirket av tyngdekraften. Dermed kan det finnes stjerner som er helt svarte fordi lyset ikke slipper vekk fra dem. Lyset er nærmest å likne med en rakett som ikke greier å sparke fra hardt nok til å reise bort fra en tung klode. Men Youngs interferensforsøk avslørte snart lysets bølgenatur, og følgelig mente en at lyset ikke faller i tyngdefeltet som en annen stein.

Den unge Einstein

Kip Thorne krydrer boka si med anekdoter og små fortellinger om de arbeidende fysikere. Nødvendigvis og selvfølgelig blir vi da servert historien om hvordan Einstein fant fram til den spesielle relativitetsteorien. Maxwells likninger sa at lys er elektromagnetiske bølger. Men da måtte vel lyset ha et medium å bre seg i? Denne såkalte 'eteren' voldte besvær, for selv utspekulerte eksperimenter greidde ikke å avsløre eterens eksistens. I 1880-årene gjorde så amerikanerne Michelson og Morley en forsøksserie som til og med viste at lyshastigheten er den samme uansett farten til den som målte hastigheten til lysstrålen. Men selv en fysikkens gigant som Lorentz var nærmest hemmet av sin veldige kunnskap. Han la fram merkelige teorier om hvordan elektriske krefter virker slik at målestaver i bevegelse trekker seg sammen.

Men den unge Einstein var en opprører. Som han sa: "Kritikkløs respekt for autoriteter er sannhetens verste fiende." Han var overbevist om at de prinsipper som rår i universet må være enkle og vakre. Da bør lyshastigheten være den samme for alle, og naturlovene må være slik at de behandler all bevegelse på lik linje. Einstein anvendte disse prinsippene på Maxwells lover for elektromagnetisme. Han fant da at begrepet samtidighet blir relativt, for både tid og avstand mellom to hendelser blir avhengig av observatøren. Dessuten fant han at masse egentlig representerer uhyre konsentrert energi. Atombombene viste at dette ikke bare var en teoretisk raritet.

Relativistiske stjerner

I 1920-årene fant fysikerne fram til den moderne atomfysikken. Denne såkalte kvantemekanikken representerer uten tvil det mest revolusjonerende brudd med klassisk fysikk. Det ble nå mulig å forstå energikilden til stjernene og undersøke deres tidsutvikling. Engelskmannen Fowler fant da at en kvantemekanisk effekt fra elektronene ville hindre stjernene i å kollapsere når de har brukt sin reserve av kjerneenergi. Men en ung og uerfaren indisk fysiker, Subrahmanyan Chandrasekhar, fant at disse elektronene måtte bevege seg med en fart nær lyshastigheten. Da måtte en ta med spesiell relativitetsteori i betraktningen. Resultatet ble merkverdig, for det viste at gravitasjonen ville vinne over atomkreftene når stjerna var mer massiv enn 1,4 solmasser. Tunge stjerner skulle altså gjennomgå katastrofal kollaps. I etterskudd fikk Chandrasekhar Nobelprisen for dette arbeidet.

I 1932 ble så nøytronet oppdaget. Oppenheimer og Volkoff undersøkte om dette hadde noen betydning for stjernenes endelikt. De fant da at forholdsvis massive stjerner kan ende som såkalte nøytronstjerner. Da ville det være kvantemekaniske effekter fra nøytronene som stod imot egentyngden til stjerna. Men disse atomkreftene vant først når stjerna var blitt usedvanlig lita. Ei slik nøytronstjerne har en radius på bare ei norsk mil, men veier omtrent like mye som sola. Heller ikke her ville atomkreftene greie å stå imot tyngdekreftene hvis stjerna var for massiv.

Sammen med en annen student, Hartland Snyder, gikk Oppenheimer nå i gang med å undersøke selve kollapsen. For å makte den vanskelige matematikken gjorde de noen grove forenklinger. De regnet med at den kollapserende stjerna hele tida var kulesymmetrisk, og at tettheten var den samme overalt i stjerna. De antok også at det indre trykket i stjerna var så lite at de trygt kunne neglisjere det. Oppenheimer og Snyder fant da at to forskjellige observatører ville beskrive kollapsen ganske forskjellig. For en observatør i det fjerne ville det se ut som om stjernoverflata frøs fast når stjerna langt om lenge nådde en minimum størrelse. Men lyset fra stjerna ville snart bli både for langbølget og svakt til å kunne sees. Men en observatør som var dristig nok til å sitte på overflata av stjerna og følge med på kollapsen, ville oppleve dette fenomenet ganske anderledes. I løpet av kort tid ville han se at stjerneoverflata uten opphold passerte minimumsradien. Vel innenfor minimumsradien ville selv

lysstråler ikke makte å bevege seg utover, men bli dratt ubønnhørlig med i kollapsen.

Gullalderen

Så kom krigen, og fysikerne ble dratt med i våpenproduksjonen. Atombomber ble viktigere enn fundamental kunnskap om eksotiske stjerner. Oppenheimer ble leder av Los Alamos-prosjektet og ble den amerikanske atombombens far. John Wheeler ble en viktig støtte. Wheeler skulle siden bli veileder for Kip Thorne. På russisk side ble Yakov Zel'dovich en foregangsmann. Kip Thorne har senere blitt godt kjent med mange russiske fysikere. Da har han fått god kjennskap til forholdene for de russiske vitenskapsmenn både under terrorregimet til uhyret Josef Stalin og hva som skjedde i senere tid. Kip Thorne benytter anledningen til å gi oss del i denne kunnskapen. Dette kan kanskje virke litt unødvendig når det er om svarte hull han egentlig skal fortelle. Men det gir boka ekstra farge, og vi bør verdsette disse avsløringene fra et lukket land.

Snart ble kunnskapen fra radarforskningen under krigen viktig for å bygge følsomme radioteleskoper. Satelitter svevde også rundt jordkloden. Uten å være hemmet av jordens atmosfære observerte de røntgenstråling fra merkelige kilder. En oppdaget pulsarer og kvasarer. En mener nå at pulsarene er roterende nøytronstjerner, og de mystiske kvasarer har antagelig svarte hull som energikilde. Her tror en at tidevannskrefter river i filler stjerner som kommer for nær. Gassen fra stjerner virvler omkring det svarte hullet som en uhyre malstrøm. Friksjon mellom gasslagene varmer opp gassen, og det sendes ut nærmest ufattelige mengder av lys og røntgenstråling langs rotasjonsaksen til det svarte hullet. Disse kvasarene er de mest fjerne objekter astronomene observerer, men de er både de mest lyssterke og ganske små, ikke stort større enn solsystemet.

Teoretiske landevinninger

Disse oppdagelsene virket selvsagt som en mektig stimulans for teoretisk forskning. Roger Penrose benyttet topologiske metoder til å påvise at alle stjerner som kom innenfor minimumsradien til Oppenheimer og Snyder, ville ende i en såkalt singularitet. Her forutsier generell relativitetsteori sitt eget sammenbrudd og innrømmer at Einsteins teori ikke kan beskrive disse punktene i tid og rom. Ennå vet ingen hva som skjer i disse singulære punktene der trykk, tetthet og geometrikrumning blir uendelig store. Men det er selvsagt gjenstand for flittig forskning.

Det vil antagelig ha stor betydning at en har funnet at svarte hull faktisk er varme og i det lange løp vil fordampe. Den legendariske engelske krøplingen Stephen Hawking, koplet kvantemekanikk, termodynamikk og gravitasjon. Han fant da at det sendes ut stråling og partikler fra det intense gravitasjonsfeltet omkring et svart hull. Dette skjer da på bekostning av massen til det svarte hullet, og når massen avtar blir strålingen sterkere. Når massen blir riktig liten, foregår fordampingen rent eksplosjonsartet. Men ennå vet ingen hva som blir sluttresultatet, kanskje det rene tomrom eller en naken singularitet.

Roy Kerr fant også en nøyaktig løsning av Einsteins feltlikninger som beskriver et svart hull med rotasjon. Penrose greidde senere å påvise at det faktisk er mulig å tappe den enorme rotasjonensenergien fra et slikt hull. En fjern framtids sivilisasjoner vil kanskje bygge og bo omkring disse eksotiske objektene.

Tidsmaskiner

I det siste kapitlet av boka slipper Kip Thorne seg riktig løs med spekulative fantasier. Det finnes nemlig merkelige løsninger av Einsteins likninger der en kan passere gjennom såkalte 'ormehull' i topologien til universet for straks å dukke opp i vårt eget univers på fjerne steder og tider. Men det må understrekes at en ikke vet hva slags fysisk prosess som skal skape slike ormehull og heller ikke om de greier å overleve i kontakt med vanlig materie. Kip Thorne fant at bare en slags eksotisk materie med negativ energitetthet sett fra en lysstråle kan makte å opprettholde slike ormehull. Men prosessene til Hawking som skjer i det sterkt krummede tidrommet i vakuumet omkring et svart hull, representerer nettopp slik eksotisk materie.

Robert Geroch, som også var en av studentene til John Wheeler, fant at en virkelig kan krumme og vri rom og tid på en slik måte at resultatet blir et ormehull. Men dette kan bare skje dersom det er mulig å bevege seg bakover i tiden under selve konstruksjonen. Thorne selv fant så at en avansert sivilisasjon kan forvandle et slikt ormehull til en virkelig tidsmaskin. Dette medfører selvsagt merkelige paradokser. En vil for eksempel kunne benytte tidsmaskinen til å reise tilbake i tiden og ta av dage sine egne foreldre før en selv blir unnfanget. Dermed blir en heller ikke født og kan følgelig ikke begå mordet. Kanskje vår frie vilje som medfører ansvar, beror på en illusjon?

I dag beskriver generell relativitetsteori hva som skjer i stor skala i universet, mens kvantemekanikk må til for å undersøke atomenes mikroverden. Dessverre lar ikke disse to teoriene seg forene til en helhetlig konsistent teori. Men vi trenger nok en slags ny kvantegravitasjon for å avgjøre om ormehull kan forvandles til mulige tidsmaskiner. Kanskje universet er mer merkelig enn det vi *kan* forestille oss?

Henning Knutsen

∞

Bokomtale

Philip Morrison: Nothing is too wonderful to be true. American Institute of Physics, 1995, (446 sider) $ 29,95.

Denne boka føyer seg elegant inn som ellevte bind i serien *Masters of Modern Physics*. Serien startet i 1991 med Bethe: *The Road from Los Alamos*. Bøkene er en samling av eldre essays og intervjuer hvor forfatternes syn på fysikken, deres oppfatning av andre grener av naturvitenskapen og deres holdning til samfunnsproblemer blir tatt fram. Et eget panel har bistått med utvalget, og artiklene er bearbeidet i den utstrekning det har vært nødvendig på grunn av ny viten. Dessverre ser det ut til at bøkene ennå ikke har fått plass i norske biblioteker.

Morrison er kanskje ikke den mest kjente av forfatterne i serien. Han har ingen Nobelpris. Men han har utallige andre prisbelønninger, og han har i 60 år befunnet seg i den umiddelbare nærhet av dem som regnes som de største: Elev av og medarbeider til bl.a. Oppenheimer, Fermi, Bethe og Feynman. Han var med på Manhattan-prosjektet, deltok i transporten av den første A-bomben og var en av de første til å inspisere Hiroshima etter at bomben var falt. Som så mange av dem han hadde samarbeidet med under krigen, kom han også snart med i kampen for å stoppe forskningen på, og hindre videre bruk av, kjernevåpen.

I boka beskriver han sitt første møte med fysikkens eventyr da han som femåring, i 1920, fikk høre musikk fra et krystallapparat som hans far hadde kjøpt. Senere ble det studier i teoretisk fysikk under Oppenheimer. Sin beundring for ham uttrykker han på en kunstnerisk måte ved refleksjoner omkring *The Exploratorium*, museet for kunst, vitenskap og sansing som ekteparet Oppenheimer bygget. Han delte Fermis interesse for partikkelfysikk. Etter krigen ble dette sammen med feltteori, og senere astrofysikk, de temaene som interesserte ham mest. Refleksjoner i den forbindelse finner vi i artikler om det ekspanderende univers, om hvorledes synet på universets alder har skiftet gjennom tidene, om liv utenfor vår klode og om sitt eget arbeide med leting etter ekstraterrestial kommunikasjon.

Morrison skriver elegant. Noen vil sikkert ha lest en del av hans bokanmeldelser i *Scientific American*. Disse er ikke med her. Men en nekrolog over Feynman, som der var signert med "*by an old friend*", er med. I kapitlet *Friends and Heroes*, har han også et essay om Niels Bohr, skrevet i 1985 i anledning hundreårsjubileet for hans fødsel, der han vurderer Bohrs innflytelse på moderne naturvitenskap og kommer med en del refleksjoner omkring moderne biologi sett i forhold til komplementaritetsprinsippet.

Tittelen på boka er hentet fra en inskripsjon på en bjelke i fysikkbygningen i Westwood Campus i University of California, LA, et utsagn tillagt M. Faraday. Hans beundring for eksperimentalfysikeren Faraday, og verdien av eksperimentalfysikk i det hele, kommer fram i mange av essayene. Han er skeptisk til dagens abstrakte fysikkundervisning. Går det an å forstå naturen bare ved å manipulere med symboler på en datamaskin? Samtidig innrømmer han hvor bortkastet han i sin tid synes det var med de lab- og verkstedkurs han måtte gjennom da han var student. Undervisningsspørsmål er behandlet i flere essays som er samlet i et eget kapittel, men temaet opptar ham slik at det også tas opp i en rekke av de andre essayene.

Boka kan anbefales for dem som vil nyte en bok, lese litt og tenke litt selv. En del av essayene er bare på en side eller to. Den kan også anbefales for dem som vil ha et større overblikk over den forunderlige verden vi lever i og de forpliktelsene vi har til å ta vare på den.

Trygve Holtebekk

∞

Tidsskriftomtale

SYMMETRI: Tidsskrift for Fysikk & Matematikk (Utgitt med støtte av Fysisk Institutt, AVH–Institutt for Matematiske fag, NTH–Institutt for Matematikk og Statistikk, AVH).

Bladet SYMMETRI henvender seg til et norsk publikum av fysikk- og matematikk-interesserte. Det utkommer med fire nummer årlig og koster 60 kroner i årsabonnement. Jeg har fått SYMMETRI **2** nr. 1/2 1995 i hende, og finner artiklene i bladet av jevnt god kvalitet. Her finner man bidrag som spenner fra Nobelprisen i fysikk for 1994 (Naqvi) via en historisk oversikt over kvanteteoridebatten mellom Bohr og Einstein (Grini), inflasjonskosmologi (Grøn), til oppdagelsen av toppkvarken (Olsen). Til sammen gir dette meget god valuta for pengene.

Ifølge bladet selv er målsetningen å publisere artikler – rettet mot et bredt publikum på universitetsnivå – som omhandler teorier og resultater i fysikk og matematikk, didaktiske emner, fysikere og matematikere, fysikkens og matematikkens kultur, histo-

rie og filosofi, sammenhengen med relaterte disipliner, og utdanningspolitikk. Man vil også publisere originale forskningsartikler. Ambisjonsnivået er høyt, og det bør det være, men ideen om å publisere originale forskningsartikler i et nasjonalt tidsskrift bør snarest forlates. Jeg kan ikke se noen grunn til at man skulle oppmuntre til dette. Til det er Norge, norsk språk og fagmiljøene i fysikk og matematikk for små. Hvis man har noe på hjertet som det vitenskapelige samfunn burde bli informert om, så bør det skje gjennom internasjonale medier og på et verdensspråk!

Når det er sagt, finner jeg forøvrig at bladet er et prisverdig foretak. Studenter og andre som er interesserte i fagområdet får her en ypperlig mulighet til å holdes orientert om ting som rører seg i norsk og internasjonal fysikk og matematikk. Men også forskere som selv arbeider innen fagene vil ha glede av bladet, for med den høye grad av spesialisering som er nødvendig i dagens forskning, kan populariserte artikler ofte være den eneste mulighet for å holde seg orientert om emner som ligger litt utenfor ens eget spesialfelt.

Rent typografisk lider bladet av at man har valgt å satse på tekstbehandlere som Word og WordPerfect i stedet for å basere seg på typesettingssystemet TEX. Dette synes litt merkelig da TEX og LATEX nærmest er blitt standarder innen fysikk og matematikk. Det var nettopp denne standardiseringen som gjorde det mulig med e-print arkivene i Los Alamos. Disse har i dag langt på vei overtatt for gammeldagse preprint og delvis også for vanlig tidsskriftspublisering. En slik teknisk detalj skal likevel ikke forstyrre bildet av et interessant magasin, populært, men uten ligningsfobi. SYMMETRI er et verdifullt tilskudd til landets tidsskriftsflora.

H. H. Soleng

∞

Fysikk er morsomt

Nye Doktorer

Gholam Reza Ahmadi

Cand.scient. Gholam Reza Ahmadi forsvarte 19.5.95 avhandlingen *Intermolekylære vekselvirkninger studert ved en utvidet gruppefunksjonsmodell* for dr.scient.-graden ved Institutt for matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.

Avhandlingen er en del at et større forksningsprogram for teoretiske studier av intermolekylære vekselvirkninger basert på professor Inge Røeggens utvidede gruppefunksjonsmodeller for beskrivelse og beregning av den gjensidige vekselvirkningen mellom elektronene i atomære og/eller molekylære komplekser.

I avhandlingen fokuseres det på to komplementære problemstillinger: Beregning av intermolekylære vekselvirkninger og den fysiske tolkningen av resultatene fra beregningene. På grunn av at vekselvirkningene mellom kompleksene som har været studert er svært svake, stilles det store krav til beregningsmodellen. De utvidede gruppefunksjonsmodellene som er brukt har gitt større nøyaktighet enn tidligere arbeid basert på andre modeller. I tillegg er det innført nye og forbedrede prosedyrer for feilanalyser av beregningene.

Gholam Reza Ahmadi er født i Iran, og begynte ved Universitetet i Tromsø høsten 1986. Fra 1991 har han vært doktorgradsstudent støttet av NFR og Universitetet i Tromsø.

∞

Hans-Jörg Fell

Hans-Jörg Fell forsvarte 3.4.95 sin avhandling *Thiophene-based conducting polymers: X-ray diffraction and optical absorption studies* for dr.ing.-graden ved NTH.

Ledende polymerer, oppdaget i 1977, er halvledende i ren tilstand, der ledningsevne og farve kan reguleres ved doping eller tilsettinger av reduserende eller oksiderende stoffer. Tiofenbaserte polymerer er oppløselige, formbare materiåler med stor kjemisk stabilitet, kombinert med polymerers styrke. De har derfor mange fremtidige utnyttingsområder.

Prosjektet er en del av et større program for å klarlegge relasjoner mellom elektronisk bandgap og den krystallinske eller den morfologiske struktur. Strukturen er studert ved røntgendiffraksjon med roterende anode ved NTH, og med synkrotronrøntgen ved ESRF i Grenoble; de første som er gjort av norske forskere ved ESRF. Strukturelle og spektroskopiske forhold er studert i en rekke varianter av polytiofener. Materialene som er studert er framstilt ved Organisk kjemi ved NTH, ved NESTE, Finland, og ved CTH i Gøteborg.

Reine polymerer er røde med bandgap på 2,0 eV. I løst form eller ved høg temperatur, er farven gul, og bandgapet er ca. 2,3 eV. Endringen i bandgapet er knyttet til polymerkjedenes korrelasjonslengde; de er lengre i krystallinsk enn i uordnet form. Krystallinsk polytiofener undergår en *termokrom* overgang ved oppvarming, og denne overgangen er kartlagt for mange av materialene.

Hans-Jörg Fell er tysk statsborger. Han er nå materialforsker ved Norsk Hydros Forskningssenter i Porsgrunn.

∞

Trond Melen

Sivilingeniør Trond Melen har tatt dr.ing.-graden ved NTH med avhandlingen *Geometrisk modellering og kalibrering av videokameraer for undervannsnavigasjon.*

Dagens undervannsfarkoster blir i alminnelighet styrt av en operatør som mottar det meste av sin informasjon fra en TV-skjerm. Det er ønskelig å gjøre styringen mer presis og effektiv ved å la en datamaskin tolke bildene fra videokameraet. Avhandlingen foreslår bl.a. en metode for å holde en undervannsfarkost helt i ro. Farkosten kan dermed være plattform for en robotarm uten å måtte låse seg fast til underlaget.

Melens vitenskapelige bidrag har hovedsakelig vært å forbedre metoder for å korrigere for systematiske feil i linse og kamera som fører til fortegning og redusert nøyaktighet. Disse metodene er også anvendelige i industrielle målesystemer som benytter kameraer eller annen optikk for å måle dimensjoner, form eller geometri.

Avhandlingen er utført ved Institutt for teknisk kybernetikk med professor Jens G. Balchen som hovedfaglærer.

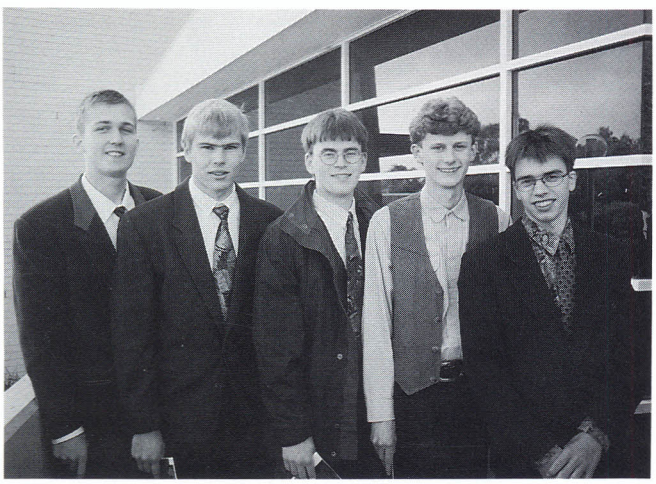
Trond Melen ble utdannet ved Fakultet for elektro- og datateknikk i 1987. Han er nå ansatt som forsker ved SINTEF Instrumentering.

∞

Husk kontigenten

Nytt fra NFS

FYSIKKOLYMPIADEN 1995



Årets internasjonale fysikkolympiade ble arrangert i Canberra i Australia, 5. – 12. juli. Bildet viser de norske deltakerne (f.v.): Sigbjørn Hervik, Jørn Inge Vestgarden, Oddmar Rune Eiksund, Øystein Gjerstad og Tore August Kro. Som vanlig var Ingerid Hiis Helstrup (Langhaugen skole, Bergen) og Kårmund Myklebost (UiB) ledere for troppen, og dertil var det med tre observatører og en ledsager.

Ingerid og Kårmund hadde arrangert uttakelseskonkurransene som er åpne for alle 3FY-elever i videregående skole, og omtrent halvparten deltok. Ved første runde i uttakingen (høsten 94) rettet de lokale lærerne elevenes besvarelser. De 80 beste elevene fikk delta i neste runde som foregikk på vårparten. Denne gang rettet Ingerid og Kårmund besvarelsene, og de fem beste elevene fikk tilbud om å delta på årets fysikkolympiade. Før olympiaden fikk disse delta på et fem dagers treningskurs ved Universitetet i Bergen.

Det kan nevnes at enkelte land, f.eks. Kina og Russland, satser mye mer på treningsøkten enn det vi gjør, og deres resultater ved fysikkolympiadene blir også bedre. Mange flere elever får delta, og den endelige uttakingen skjer først i slutten av treningsøkten som er mye lengre og mer omfattende enn den vi har. Det bør også nevnes at olympiadepensumet er mer omfattende enn det pensumet som norske gymnasiaster normalt befatter seg med.

Årets fysikkolympiade var lokalisert til University of Canberra, og dominerte dette fullstendig de åtte dagene olympiaden varte. Der var deltakere og ledere fra 51 land. Sammen med observatører, besøkende, guider og stab, kom vi opp i over 500 personer som skulle huses, bespises, underholdes osv.

Det var to eksamener, en teoretisk og en praktisk. Temaer for årets teoretiske oppgaver var: 1) Lydforplantning i havet, 2) Rødskift pga. gravitasjon og måling av stjernemasse, og 3) En sylinder som fløt og vugget på seg i vann. Tema for de praktiske oppgavene var: 1) Grensehastighet for metallsylindere som falt i glyserol, og 2) Spredning av laserlys i en tynn melkeløsning. Av de omtrent 255 deltakerne fikk 25 gullmedaljer, 29 sølv, 43 bronse og 54 fikk såkalt "honourable mentions". Best i Norden var Gunnlaugur Tor Briem fra Island, som fikk bronse. Tore August Kro og Oddmar Rune Eiksund fra Norge, tre svensker og tre finner, fikk "honourable mentions". Danmark har hittil ikke deltatt.

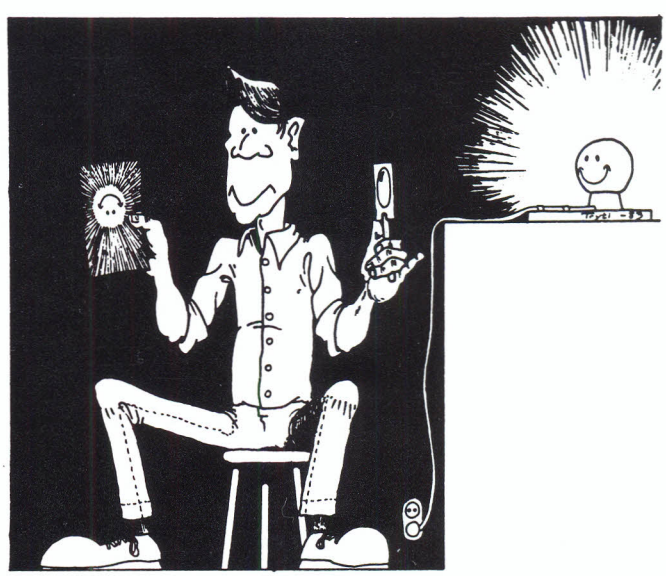
Av sosialt program kan nevnes: boomerangkasting, bush-dance, sightseeing og en heldags busstur til kysten syd for Sydney og gjennom Kangaroo Valley.

Årets olympiade var meget godt arrangert av professor Rod Jory og Michael Peachey med en relativt stor stab. (Rod Jory besøkte Oslo og Bergen i august.)

Som kjent skal Norge være vertsland for neste års fysikkolympiade. Heidi Bruvoll Aaserud (UiO), Per Chr. Hemmer (NTH) og Arnt Inge Vistnes (UiO) fra den norske arrangementskomiteen var observatører i Canberra og fikk mange nyttige opplysninger med tanke på dette arrangementet.

Arbeidet med neste års fysikkolympiade er i full gang, og noen og enhver kan i nær fremtid bli spurt om å hjelpe til med arrangementet. Merk av tid og sted: 30. juni til 7. juli 1996, Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo. Flere opplysninger finnes på Internet (hjemmeside:http://www.fys.uio.no/ipho).

Arnt Inge Vistnes



ÅRSMELDING 1994–1995

Årsmeldingen, som gjengis her i noe forkortet versjon, omfatter perioden mellom årsmøtene 22. juni 1994 og 21. juni 1995.

Organisasjonsforhold

Styret har bestått av:

Thormod Henriksen, UiO, president
Egil Leer, UiO, visepresident
Leni Grant, UiTø, medlem (permisjon)
Erlend Østgaard, UiT/AVH, medlem
Anne Grete Frodesen, UiB, medlem
Jacob Stamnes, UiB, varamedlem
Hallstein Høgåsen, UiO, varamedlem
Unni Pia Løvhaug, UiTø, varamedlem (møtt fast)

Selskapets sekretær er Gerd Jarrett.

Styret har hatt 4 møter: 2 i Oslo, og 2 i Tromsø.

NFS har nå 902 individuelle medlemmer, derav 97 studenter og stipendiater, og 4 æresmedlemmer. Dertil har vi 7 kollektive medlemmer.

Årskontingenten for 1994 var 180 kr ordinært og 90 kr for studenter. Bidraget fra de kollektive medlemmer var 18 500 kr. På årsmøtet ble kontingenten hevet til 220 kr for vanlige medlemmer og 110 kr for studenter og pensjonister.

Fra Fysikkens Verden

Selskapets tidskrift FFV gis ut fire ganger i året med et opplag på 1600. For Selskapets medlemmer er abonnementet inkludert i kontingenten.

Tidsskriftet drives, som tidligere, med stor grad av egeninnsats. NFS vil takke redaktørene Øivin Holter og Finn Ingebretsen, for deres arbeid. Redaksjonssekretær Karl Måseide gjør en kjempejobb og en stor takk går også til ham.

Tidsskriftet har fått en god form og stofftilgangen er tilfredsstillende. Norges forskningsråd bidrar til driften med 25 000 kr, abonnenter i NFS med ca. 60 000 og andre abonnenter med ca. 30 000 kr.

Fysikermøtet 1994

Fysikermøtet ble holdt i Bergen 20–22. juni med 117 deltagere. Jan S. Vaagen var formann i komitéen. Faggruppen for rom- og plasmafysikk presenterte seg. Det var tur til Ulstein, Bergen A/S, og festmiddag i Schøtstuene på Bryggen.

Selskapets årsmøte ble holdt 22. juni.

Under årsmøtet ble *IBM's fysikkpris* tildelt *Koung-An Chao*, NTH, for *"Fremragende forskning i fysikk knyttet til halvleder-strukturer på nanometer-skala."*

NFS vil takke for et fint arrangement.

Faggruppene

NFS har følgende faggrupper (m/ledere):

Akustikk (H. Hobæk)
Astrofysikk (P. Lilje) Biofysikk (A.I. Vistnes)
Datafysikk og måleteknikk (T.H. Løvås)
Kondenserte fasers fysikk (B. Hauback)
Generell teoretisk fysikk (P. Osland)
Geofysikk og ionosfærefysikk (A. Egeland)
Kjernefysikk (J. Vaagen)
Optikk (J. Stamnes)
Partikkelfysikk (B. Stugu)
Petroleumsfysikk (J. Samseth)
Plasma og gassutladningsfysikk (G. Berge)
Undervisning (A.A. Grimnes)
Kontaktnett for kvinnlige fysikere (B. Lilja Bye).

Flere av gruppene har arrangert egne møter. Både disse og Fysikermøtet får støtte av Selskapet, i første rekke til studentstipend. Støtten var på 66 800 kr i 1994, og i 1995 er det bevilget 75 000 kr.

Gruppen for undervisning har vært spesielt aktiv. Det arbeides med å opprette en egen fysikklærerforening – enten som en utvidelse av "Gruppe for undervisning" under NFS, eller som selvstendig forening.

Fysikkolympiaden

Fysikk-OL for elever ble i 1994 arrangert i Beijing 10–19. juli, med 230 deltagere fra 47 land. Norske ledere var Ingerid Hiis Helstrup og Kårmund Myklebost.

De norske deltagere gjennomgikk et "treningskurs" ved UiO. OL ble vunnet av kineseren Yang Liang. Vår beste ble nr. 72, en god prestasjon ut fra den bakgrunn deltagerne hadde. Vår deltagelse ble økonomisk støttet fra Kirke- utdannings- og forskningsdepartementet og fra Norges forskningsråd.

Norge skal arrangere Fysikk-OL i 1996. Arrangementet legges til Fysisk institutt ved UiO, og Arnt Inge Vistnes er leder for komitéen. OL i 1995 holdes i Canberra, Australia, 2–10. juli. Vi sender 3 observatører fra arrangementskomitéen for 1996.

Norsk Fysikkråd

NFS velger 4 representanter til Fysikkrådet. Frem til 1/1 1995 var NFS representert med: Rune Time, Marianne Foss, Jan Johannessen og Thormod Henriksen. Følgende er valgt for perioden 1/1 95 til 31/12 96: Einar Hinrichsen (vara: Bjørn Hauback), Einar

Oterholm (vara: Karl Torstein Hetland), Annik Magerholm Fet (vara: Hans Grelland) og Thormod Henriksen (vara: Anne Grete Frodesen).

Jan Vaagen er formann, Bjørn Berre nestformann.

For øvrig henvises til Norsk Fysikkråds årsmelding.

European Physical Society

Fra 1/1 1995 ble EPS forandret. Vi er nå medlemmer og betaler en kontingent på 14,5 CHF. *Individual Ordinary Members* betaler en langt høyere kontingent. EPS ønsker slike medlemmer pga. økonomien. Vi skal nå også få *Europhysics News.*

Med nyordningen økte medlemsmassen fra ca. 4000 til ca. 60 000 fysikere fra 29 land. Dette endret fullstendig opplaget for *Europhysics News* og har ført til at det i år bare er planlagt 6 nr (tidligere 10). NFS må selv distribuere bladet. Dette vil koste ca. 30 kr pr. år.

Eivind Osnes ble valgt inn i styret i 1992, og er senere gjenvalgt. Tyskeren Herwig Schopper er president.

EPS arrangerer sin 10. internasjonale konferanse i Sevilla, Spania, 9–13. september 1996.

IUPAP

NFS er "nasjonalkomité" for IUPAP. Medlemskontingenten betales av Det Norske Videnskaps-Akademi. Vi har ellers ingen midler til virksomhet i forbindelse med IUPAP, og den norske aktiviteten er følgelig liten. Vi har representanter i noen av de mange faglige "Commissions" som IUPAP består av. Disse er: Hans Arne Frøystein, i SUNAMCO (Komité for enheter og størrelser), Rolf Stabell, som vice-chairman i "Commission on Astrophysics", A. Krogstad, i "Commission on Acoustics" og Endre Lillethun, i "Commission on Physics for Development".

Videnskaps-Akademiet har henvendt seg til NFS og anmodet om at vi skulle betale 1/3 av årskontingenten (12 000 kr) som en egenandel. NFS mener at det er viktig å delta i IUPAP-samarbeidet og at det er helt nødvendig å delta i enkelte av de faglige "Commissions", som f.eks. SUNAMCO. Men styret finner det ikke mulig å bruke medlemskontingenten til å dekke Norges deltagelse i IUPAP, og har underrettet Videnskaps-Akademiet om dette.

Fysikkpriser

Norsk Fysisk Selskap har for tiden 3 priser i fysikk.

1. *Simrad Optronics' pris i elektrooptikk,* som gis for et norsk arbeid innen elektro-optikk eller for et arbeid der elektro-optiske metoder er anvendt. Prisen er på 15 000 kr, og deles ut annethvert år.
2. *IBMs fysikkpris (kondenserte fasers fysikk),* på 20 000 kr. IBM Norge planla 5 priser, og den 5. ble delt ut i 1994. IBM har nå gitt to nye priser. Den første av disse deles ut i år.
3. *NFS Undervisningspris for fremragende arbeid i videregående skole.* Vi deler ut 15 000 kr hvert annet år, og pris nr. 2 deles ut i år.

Nytt æresmedlem

Gerd Jarrett ble innvalgt som nytt æresmedlem i NFS den 19. mai på grunn av sin store innsats for selskapet.

Blindern i juni 1995

Thormod Henriksen
(President)

∞

ÅRSMØTET 1995

Norsk Fysisk Selskap hadde årsmøte på Universitetet i Tromsø 21. juni 1995. Møtet ble ledet av presidenten, professor Thormod Henriksen.

1. Godkjenning av innkalling og saksliste

Innkalling og saksliste var trykt i FFV nr. 1, 1995. Sakspapirene var lagt ut på Fysikermøtet 19. juni. Innkallingen og sakslisten ble godkjent.

2. Årsmelding

Presidenten gikk gjennom årsmeldingen som ble godkjent. (Den er trykket ovenfor.)

3. Norsk Fysikkråd (NFyR)

Førsteamanuensis Bjørn Berre orienterte om virksomheten. NFyR er blitt et fagråd under Det norske universitetsråd, og har uttalt seg om opprettelsen av universitetsrelaterte fag i regional sektor. NFyR har prøvd å komme i inngrep med Norges forskningsråd når det gjelder evaluering av norsk fysikk og valg av "referees". De har behandlet evalueringen av Kjerne- og partikkelfysikk og av Romforskning, men ønsker også å motta saker "nedenfra" i systemet. NFyR har ikke driftsbudsjett; reiser o.l. dekkes av institusjonene. Professor Jan Vaagen (UiB) er gjenvalgt som leder, og Bjørn Berre (NLH-Ås) som nestleder.

4. Regnskap for NFS og FFV

Regnskapet for NFS for 1994 er avslutttet av presidenten i samarbeid med revisor, Finn Tønnessen. Presidenten gikk gjennom regnskapet. Det ble nevnt at overskuddet fra Fysikermøtet 1994 ble bokført i februar 1995. Regnskapet for FFV ble også presentert. Begge ble godkjent.

5. Budsjett for NFS og FFV for 1996
Budsjettforslagene ble presentert. Ingen kommentarer.

6. Valg
Valgkomité:
Professor Tore Amundsen (UiO)
Professor Johannes M. Hansteen (UiB)
Professor Ove Havnes (UiTø)

Valgene ble ledet av Hansteen.

På valg:
Egil Leer, visepresident
Anne Grete Frodesen, styremedlem
Leni Grant, styremedlem
Hallstein Høgåsen, varamedlem
Jacob Stamnes, varamedlem

Forslag:
Professor Erlend Østgaard, visepresident
Førsteamanuensis Anders Isnes, styremedlem
Gjenvalg av Frodesen, Grant, Høgåsen og Stamnes.

Alle ble valgt ved akklamasjon.

Styret vil fra 1. januar 1996 bestå av:
Professor Thormod Henriksen, UiO, president
Professor Erlend Østgaard, UiT/AVH, visepresident
Professor Anne Grete Frodesen, UiB, medlem
Stipendiat Leni Grant, UiTø, medlem
Førsteamanuensis Anders Isnes, UiO, medlem
Professor Hallstein Høgåsen, UiO, varamedlem
Førsteamanuensis Unni Pia Løvhaug, UiTø, vara
Professor Jacob Stamnes, UiB, varamedlem

Revisorene, førsteamanuensis Finn Tønnessen (NFS) og professor Bjørn Johan Slagsvold (FFV), og vararevisor, førsteamanuensis Bjørn Berre, ble gjenvalgt.

Valgkomiteen ble gjenvalgt.

7. Fysikermøtet 1996
Erlend Østgaard inviterte til Trondheim i 1996.

8. Eventuelt
Arne A. Grimnes, leder av faggruppen for undervisning, orienterte om arbeidet med å danne en Norsk fysikklærerforening. Det ble vedtatt å opprette et interimstyre for å arbeide videre med disse planene, eller eventuelt for en utvidelse av faggruppen for undervisning.

Referent, Egil Leer

∞

NY SEKRETÆR I NFS

Tove Svendby er engasjert som ny sekretær i Norsk Fysisk Selskap, og samtidig er sekretariatet flyttet fra IFE til Universitetet i Oslo, Blindern. Tove er 28 år og er for tiden stipendiat i Norges forskningsråd. Hun arbeider med ozon og UV-stråling, og har det siste året oppholdt seg i Fairbanks i Alaska.

Dere kan få kontakt med Tove på følgende måte:

Tlf.: 22 85 56 41
Fax: 22 85 56 71
E-mail: tove.svendby@fys.uio.no

Postadressen til NFS er nå:

Fysisk institutt
Universitetet i Oslo
P.b. 1048 Blindern
0316 Oslo

∞

KUNDEBLAD

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

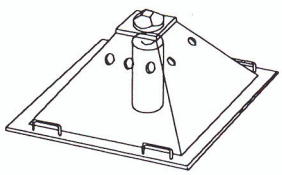
Doppler Current Meter DCM 12

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

Enheten måler:

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

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



Et produkt fra:

AANDERAA INSTRUMENTS

DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

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

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

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

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

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

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