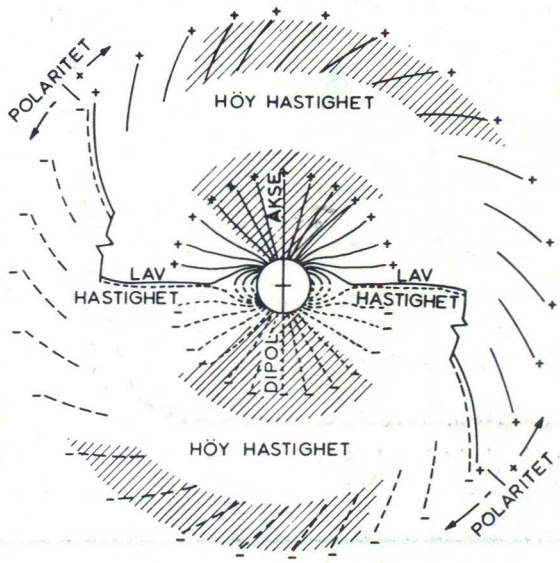
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Arsmelding 1973/74	49
Louis de Broglie-stiftelsen	50
Leserbrev	50
Solar og interplanetarisk sektorstruktur, innflytelse på jordens magnetfelt	51
EDB ved strålebehandling av kreft	61
Nye forskningsresultater fra Brookhaven	65
Hevertkraftverk (HKV)	67
Nyhetsspalten	68
Patric M. S. Blackett	71
Sikre kjernekraftverk	72
Bøker	60, 64, 69, 71



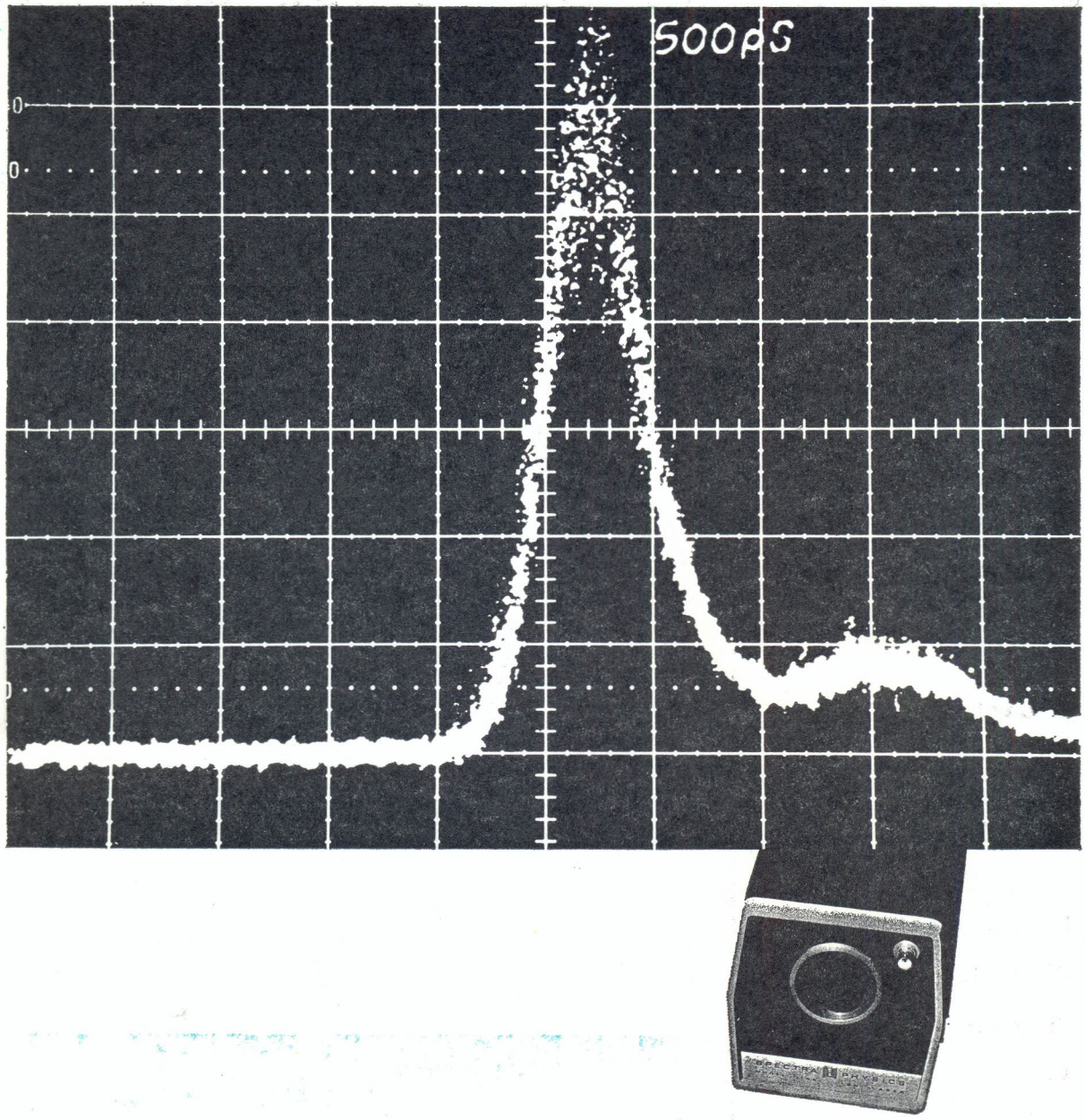
Hundhausen's modell for sektorstrukturen og hastighetsvariasjonene i den solare vind. (Se artikkel, side 51)

Nr. 3 - 1974
36. årgang

Spectra-Physics

Model 166/366 Combo

Mode-Locked
Cavity Dumped
Ion Laser



Rødland & Rellsmo A.S.
FORSKNINGSINSTRUMENTER
Gladengvn. 3A, Oslo 6 — Telefon: (02) 674590

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 3 - 1974

Redaktør: HAAKON OLSEN

Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

36. årgang

Årsmelding 1973/74

Denne meldinga omfattar tida mellom årsmøta i 1973 og 1974. Styret har vore:

Forskningssjef Tormod Riste (formann)
Professor Arnfinn Graue (nesformann)
Dosent Thormod Henriksen
Dosent Ivar Svare
Lektor Gunnar Kvifte (til 1/1 1974)
Amanuensis Ove Bratteng (frå 1/1 1974)

Selskapet sin sekretær er Gerd Jarrett.

Det har vore halde tre vanlege styremøte og eitt i samband med årsmøtet. Medlemstalet er pr. 7/6 562 pesonlege og 9 kollektive medlemmer. Det har vore lagt ned mykje arbeid i å få nye kollektive medlemmer og i å få større tilskott frå kvart medlem. Dette arbeidet har bore frukter, og vi vil gjerne få nemne her den gode hjelpa vi har fått frå professor Sverre Westin som er æresmedlem i selskapet.

Norsk Fysisk Selskap står som utgjevar av tidsskriftet «Fra Fysikkens Verden», som kjem ut fire gonger i året i eit opplag på 1500. Rektor Haakon Olsen er redaktør.

Rekneskapen for 1973 (tidsskriftet ikkje medrekna) viser eit overskot på kr. 1.676,–, men tidsskriftet har hatt eit underskot på kr. 2.047,–. Medlemskontingenten har vore kr. 40,–.

Fysikarmøtet 1973 vart halde ved Universitetet i Trondheim 18–20 juni med 130 deltakarar. Dei inviterte foredraga var:

Prof. Casimir: Physics in Industry.
Prof. Bleaney: Enhanced Nuclear Magnetism.
Prof. Shapiro: Josephson Effect in Superconductors.
Prof. Ehrenberg: Tillämpingar av fasta tilståndets fysik inom molekulär biofysik.
Dr. Ravndal: Protonets struktur.
Prof. Wachsmann: Radiation and Risk-estimations.

Lektorane Hønnås og Øgrim innleidde til diskusjon om moderne fysikkundervisning i skolen. Det var elles 44 faglege foredrag i parallelle sesjonar.

Årsmøtet vart halde 19. juni, referat er gjeve i «Fra Fysikkens Verden» *35* (1973) 67. Same kveld var det festmiddag i Hotell Britannia. Den 18. juni var det båttur til klosterruinane på Tautra med høve til fiske i fjorden.

Formannen har representert Norsk Fysisk Selskap på rådsmøta i European Physical Society i Geneve i november 1973 og i mars 1974, og i møte i Nordiske Fysikeres Samarbeidsutvalg i København i april 1974. I dette utvalet sit representantar for dei fysiske selskapa i alle dei nordiske landa. Utvalet har under arbeid eit hefte med opplysningar om alle dei nordiske fysiske selskapa, m. a. fullstendig medlemslister, og dette vil med det første bli sendt til alle medlemmene i selskapa. På møtet diskuterte ein også planane om eit samnordisk prøvenummer av «Fra Fysikkens Verden», med tanke på å gjere dette bladet til eit sams blad for alle dei nordiske fysikarselskapa. I mai var dosent N. R. Nilsson, formannen i utvalet, i Trondheim og diskuterte dette vidare med redaktøren av tidsskriftet.

På årsmøtet 1973 fekk styret i Norsk Fysisk Selskap fullmakt til å auke medlemskontingenten frå 1. januar 1974, dersom dette ville vere naudsynleg for å kunne bere dei auka utgiftene til European Physical Society. Styret valde å seie opp «Europhysics News», for å unngå ein auke i kontingenten. Dette vart meldt i «Fra Fysikkens Verden», nr. 1, 1974, saman med ei oppmoding til medlemmene i selskapet om å teikne eit fullt medlemskap i European Physical Society, for på den måten å få tilsendt «Europhysics News». Selskapet abonnerar på 50 eksemplar av møtenummeret av «European News» som kjem to ganger i året. Desse vert sende til formennene i dei faglege utvala og til nokre av fysikkinstitusjonane.

Dei faglege gruppene i selskapet legg fram sine eigne meldingar til årsmøtet. Styret i NFS har formidla kontakt mellom gruppene og tilsvarende grupper i European Physical Society. For å lette areidet for styra i gruppene har dosent R. S. Sigmond utarbeid ei mønsterbok for gruppestyra som vil innehalde statuttar, plass for referat og rekneskap, tidsfristar osv. Kopi av denne vil bli delt ut til styra. Styret i NFS har løyvt pengar til faglege møte i akustikk og plasmafysikk.

Tormod Riste

Louis de Broglie-stiftelsen for teoretisk kvantefysikk

Louis de Broglies stiftelse er en nylig opprettet forskningsorganisasjon som er skapt med støtte fra la Fondation de France, i anledning av at det i år er femti år siden bølgemekanikken ble oppdaget. Stiftelsen ble opprettet av en komité bestående av personer fra l'Institut de France. Formann er Nobelprisvinneren, Dr. Louis Neel.

Stiftelsen Louis de Broglie har som mål å støtte og utvikle teoretisk forskning i kvantefysikk i Louis de Broglies ånd, med sikte på å legge grunnlaget for en ny mikrofysikk og utforske eksperimentelle konsekvenser og mulige praktiske anvendelsesområder.

Fysikerne ved stiftelsen vier det meste av sin tid til bølgemekanikken, men utvikler også forskningen innen andre områder som kan tenkes å bidra til utviklingen av mikrofysikken.

Hvis en skiller mellom tre hovedgrupper i arbeidet, kan en nevne følgende problemer blant dem som hittil er blitt studert.

I *Problemer som henger sammen med grunnbegrepene innen kvantefysikken og deres videreføring*
- De generelle teorier for skjulte variable
- Grunnpostulater innen bølgemekanikken
- Teorien om dobbeltløsninger
- Partiklenes skjulte termodynamikk og variabel egenmasse
- Teorien for målinger i bølgemekanikken
- Ikke-lineære og ikke-hamiltonske utvidelser av bølgemekanikken
- Sammenheng mellom bølgemekanikk og de dynamiske teorier for Brownske bevegelser

II *Nye fremstøt mot visse aktuelle problemer innen mikrofysikken (hovedsakelig innen resonansfysikk, laserfysikk og elektromagnetiske vekselvirkende i molekylær fysikk)*
- Studie av bølge-approksimasjonen for prosesser der et stort antall fotoner deltar
- Utarbeidelse av nye metoder for nøyaktig beregning av vekslingsvirkninger
- Ikke-lineær optikk (spektrale forskyvninger, resonanser)
- Adiabatisk invariante tilstander ved store strålings-intensieteter (generalisering av stasjonære tilstander)
- Eksperimentelle metoder for å studere disse tilstander
- Statistikk for kvantesystemer med store fotontall
- Vekselvirkninger mellom båndstrukturer og store fotointensiteter, fotodissosiasjon

III *Problemområder studert i forbindelse med disse emner*
- Relativistisk termodynamikk
- Ikke-lineære vibrasjoner og bevegelsesstabilitet
- Stabilitet av perturberte systemer og teorien for Brownske bevegelser
- Dynamisk genetikk
- Ergodiske problemer
- Informasjonsteori

Arbeids- og diskusjonsmøter om klassiske eller aktuelle emner blir arrangert av Stiftelsen, og kontakter med andre forskningsgrupper, spesielt eksperimentelle grupper, etableres.

Brev fra leserne

Olav Steinsvolls oversikt over energiinnhold av ulike energibærere (FFV nr. 1) er åpenbart urettferdig overfor vårt gamle brensel *ved*.

Det oppgis at 1 m^3 ved tilsvarer 1240 kwh, mens Forbrukerrapporten nr. 4 i år oppgir et tall for bjørkeved som tilsvarer 2900 kwh og for gran 2200 kwh. De siste tall virker ganske rimelige.

For å bruke dagligdagse enheter: 1 favn bjørkeved har samme energiinnhold som 700 liter fyringsolje.

Med hilsen

Arne Th. Rønning
FFIF, boks 25
2007 KJELLER

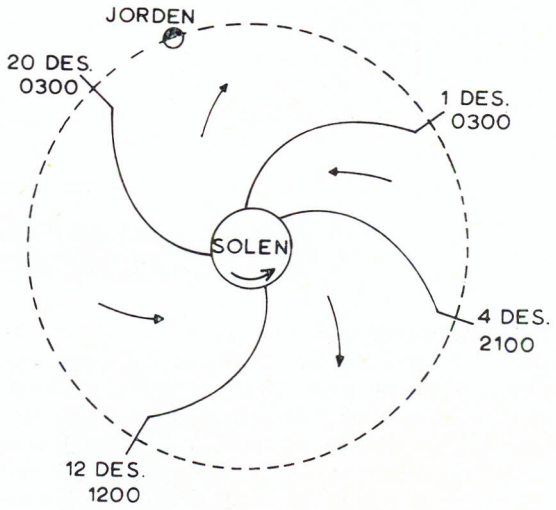
Den solare og interplanetariske sektorstruktur og dens innflytelse på jordens magnetfelt

Arild Gulbrandsen

Et av de mest uventede resultater av den moderne romforskning er oppdagelsen av den interplanetariske *sektorstruktur*. Denne strukturen og de fenomener som opptrer i tilknytning til den er etterhvert blitt omfattet med meget betydelig interesse både blant astrofysikere og geofysikere. For det første synes sektorstrukturen å reflektere en fundamental og en til for noen ganske få år siden nærmest ukjent struktur i solens magnetfelt. For det annet har den interplanetariske sektorstruktur vist seg å være nøye korrelert med en rekke variasjoner og fenomener i jordens magnetfelt og atmosfære.

I denne artikkelen vil vi forsøke å gi en oversikt over de viktigste resultater som er oppnådd på dette felt inntil nå. Vi beveger oss med dette inn på et meget ungt forskningsfelt som befinner seg i en rivende utvikling. De første direkte observasjoner av interplanetariske parametre ble foretatt fra sovjetiske satellitter i 1959, og det var vel få som den gang hadde noe begrep om størrelsesordenen av den utvikling som skulle følge. Som med alle oversikter over et stort og omfattende emne, må imidlertid fremstillingen i en artikkel av denne art bli både knapp og mangelfull. For en mer utførlig beskrivelse henvises derfor til den oppførte litteratur, som også er rik på referanser.

Vårt kjennskap til den interplanetariske sektorstruktur beror som antydet ovenfor i det alt vesentlige på observasjoner fra satellitter og romsonder. Slike observasjoner har vist at det i det interplanetariske rom eksisterer et magnetfelt. Dette feltet er av solar opprinnelse, og den midlere feltstyrke nær jorden er på omkring 5γ ($1\gamma = 10^{-5}$ gauss). Det mest karakteristiske trekk ved dette feltet er at det er organisert i sektorer, hvor den magnetiske feltvektor er rettet enten innover mot eller utover fra solen. Disse sektorene følger med i solens rotasjon som et stivt legeme (solen har en synodisk rotasjonsperiode på 27 dager). Et typisk eksempel på en slik sektorstruktur er vist i Figur 1. Figurens plan er ekliptikkplanet (jordbaneplanet), og retningen ut fra figurplanet er mot den



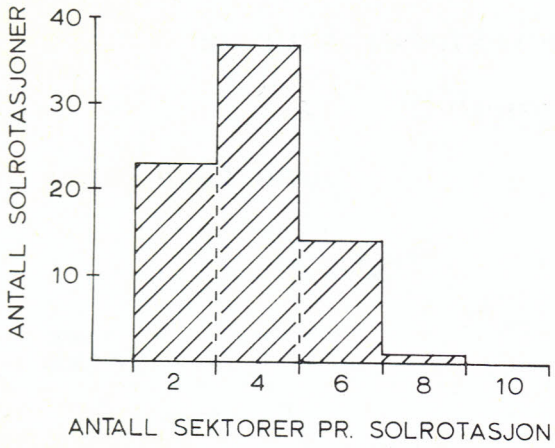
Figur 1 Skjematisk fremstilling av den interplanetariske sektorstruktur slik den ble observert fra IMP-1 i 1963. Pilene angir feltretningen innen de enkelte sektorer. (Wilcox and Ness, 1965.)

nordlige ekliptikkpol. Jordbanen er da langs figurens omkrets. Pilene angir feltretningen innen de enkelte sektorer, i dette tilfelle 4, og de krumme linjer representerer grensene mellom tilstøtende sektorer. Hele strukturen roterer som nevnt med solen (mot urviserne på figuren), og dreier således 360° i løpet av en solrotasjon. Sektorgrensene er vanligvis meget skarpe. Når en sektorgrense passerer jorden, skjer skiftet i den magnetiske polaritet gjerne i løpet av noen ganske få minutter.

Den interplanetariske sektorstruktur ble første gang observert høsten 1962 fra den amerikanske Venus-sonden Mariner–2. Ved dette tidspunkt eksisterte det bare 2 sektorer pr. omløp av solen. Disse hadde omtrent samme angulære utstrekning. Den neste observasjonsserie kom i slutten av 1963, og da ved satelitten IMP–1. Antallet sektorer var da økt til 4. Av disse hadde 3 en angulær utstrekning på vel 100°, mens den fjerde var på ca. 50°, jfr. Figur 1. Denne strukturen holdt seg noenlunde uforandret til utgangen av 1964, da den ble observert av den neste satellitt i samme serie, IMP–2.

Fra 1965 og utover foreligger så en praktisk

* Nåværende adresse: Strålingsobservatoriet, Geofysisk institutt, avd. B, Universitetet i Bergen.



Figur 2 Fordelingen av antallet solrotasjoner (vertikalt) med henholdsvis 2, 4, 6, 8, og 10 sektorer (horisontalt) for tidsrommet 1962–1969.

talt kontinuerlig observasjonsserie, vesentlig takket være amerikanske satellitter i Explorer-serien. I 1965 og første del av 1966 var sektorstrukturen temmelig uregelmessig, med lite stabile konfigurasjoner og med et sektortall som varierte mellom 4 og 8. Dette tidsrom falt sammen med første del av den oppstigende fase i inneværende solflekkperiode (syklus nr. 20). Frem mot solflekkmaksimum i 1968–1969 ble forholdene igjen mer stabile, og det mest vanlige sektorantall i disse år var 2 eller 4 (jfr. Figur 12). Fordelingen av antallet sektorer pr. solrotasjon for tidsrommet 1962–1969 er vist i Figur 2.

«Innefrossede» magnetfelter.

Som nevnt ovenfor er det interplanetariske magnetfelt av solar opprinelse. Fra solens korona (den ytre del av solatmosfæren) foregår en stadig utstrømning av plasma, bestående vesentlig av ionisert hydrogen. Denne kontinuerlige utstrømning utgjør den *solare vind,* et begrep som ble innført av Parker i 1958 ut fra hans studier av den dynamiske likevekt i koronaen. Utstrømningen er tilnærmet radiell fra hele solens overflate. Denne plasmastrømmen vil nå kunne trekke med seg magnetfelter i solatmosfæren utover i rommet i form av såkalte «innefrosede» felter.

Mekanismen med en slik «innfrysing» av magnetfelter beror på det solare vindplasmas meget høye elektriske konduktivitet. La oss tenke oss et plasma med et hastighetsfelt $\mathbf{u}(x,y,z)$ og koduktivitet σ. I plasmaet eksisterer et magnetfelt $\mathbf{B}$, samt en strøm karakterisert ved en strømtetthet $\mathbf{J}$. Den magnetiske fluks Φ gjennom en lukket sløyfe er da:

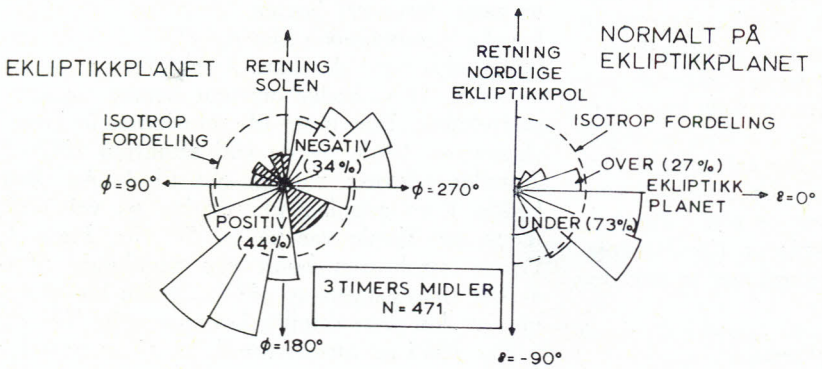
$$\Phi = \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

hvor $d\mathbf{A}$ er sløyfens areal. Der kan da vises at fluksforandringen gjennom sløyfen når denne følger plasmaets bevegelse er gitt ved uttrykket:

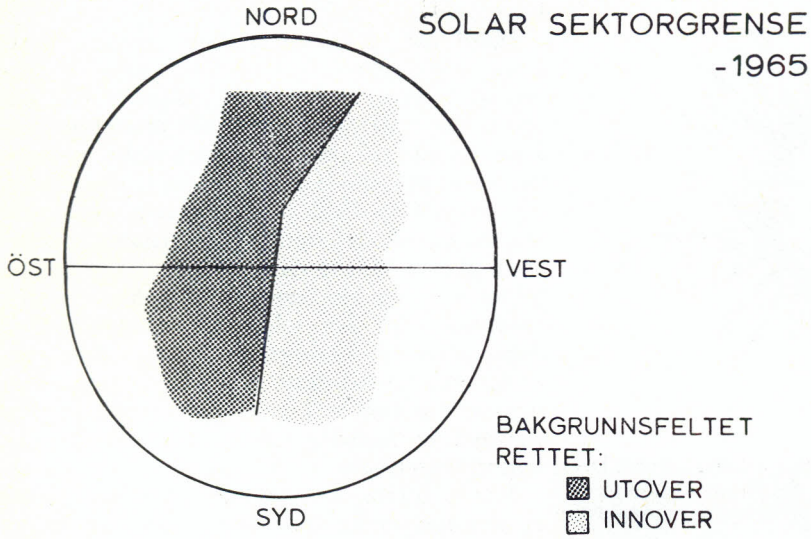
$$\frac{d\Phi}{dt} = -\iint \nabla \times \left(\frac{\mathbf{J}}{\sigma}\right) \cdot d\mathbf{A}$$

der t betegner tiden. Herav følger at for $\sigma \to \infty$ vil fluksforandringer være lik null, og feltlinjene vil dermed være «innefrosset» i plasmaet. Dette teorem er forøvrig et av fundamentene innen magnetohydrodynamikken. Ved dette kan de magnetiske feltlinjer betraktes som materielle tråder som følger plasmaets bevegelse.

Kombinasjonen av den radielle strømningsretning og solens rotasjon vil føre til at feltlinjene ute i det interplanetariske rom blir «liggende etter» i rotasjonsbevegelsen. Denne effekt har fått det illustrerende navn av «garden-hose» effekten, hvilket refererer seg til at feltlinjene danner en struktur tilsvarende strålemønsteret fra en hagespreder sett ovenfra. Feltlinjene får derved utseende av en såkalt Archimedes-spiral, hvor vinkelen α mellom feltvektoren og radius vektor fra solen er bestemt av avstanden til



Figur 3 Histogrammer som viser fordelingen av den interplanetariske magnetiske feltvektors orientering i og normalt på ekliptikkplanet. Diagrammene er basert på IMP–1 observasjonene i 1963. (Wilcox and Ness, 1965.)



Figur 4 Midlere beliggenhet av de solare sektorgrenser, slik de ble observert i 1965. Den ulike skravering av områdene øst go vest for sektorgrensene indikerer at polariteten av det solare bakgrunnsfelt er forskjellig i de to områder. (Wilcox, 1968.)

solen samt hastigheten av den solare vind. Spesielt vil da dette spiralmønsteret også omfatte sektorgrensene, slik som vist skjematisk i Figur 1.

Den midlere hastighet av den solare vind er under rolige forhold omkring 350–400 km/s. Med denne hastighet blir ifølge spiralmodellen $\alpha \approx 45°$ (eller 315°) ved jordens sted, en verdi som stemmer godt overens med den faktiske observerte, se Figur 3.

Den solare sektorstruktur

Av teorien for dannelsen av det interplanetariske magnetfelt følger at den observerte sektorstruktur må forventes å gjenspeile en tilsvarende struktur i det solare magnetfelt. En slik solar sektorstruktur har en da også funnet, selv om effekten til sine tider er på grensen av det målbare. Ved observasjoner med magnetograf (spektograf hvor en måler Zeeman-oppsplittingen av spektrallinjer) har en identifisert store unipolare områder i det fotosfæriske bakgrunnsfelt, hvor feltvektoren på samme måte som i det interplanetariske rom er rettet enten innover mot eller utover fra solen. (Fotosfæren utgjør det laveste sjikt i solens atmosfære). Undersøkelser har vist at dette bakgrunnsfeltet er nøye korrelert med det interplanetariske felt slik det observeres ved jorden, men med en tidsforsinkelse på omkring 4½ døgn. Denne forsinkelse representerer den midlere gangtid for den solare vind fra solen til jorden.

De solare sektorer er funnet å ha en longitudinal utstrekning varierende mellom ca. 45° og 180°. I bredderetningen strekker de seg fra omkring 40° sydlig til 40° nordlig heliografisk bredde. Grensene mellom tilstøtende sektorer ligger tilnærmet i nord-syd retningen, selv om det i enkelte perioder kan forekomme avvik fra denne orienteringen (Figur 4). De solare sektorgrenser er forøvrig assosiert med magnetiske loop-strukturer (se neste kapitel).

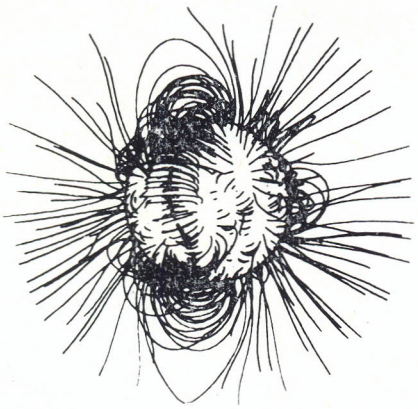
Den interplanetariske sektorstruktur er statistisk sett av en slik karakter at de magnetiske feltvariasjoner, observert over en solrotasjon, tilfredsstiller Maxwell's likning:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

hvor da **B** betegner den magnetiske feltstyrke. I denne forbindelse kan det imidlertid være verdt å nevne at de registreringer av det interplanetariske magnetfelt som gjøres fra satellitter og romsonder, alle foretas i eller i ubetydelig avstand fra ekliptikkplanet. Nå er egentlig Maxwell's likning i dette spesielle tilfelle bare gyldig over en kuleflate med solen som sentrum. At likningen likevel tilfredsstilles av observasjoner foretatt i ett enkelt plan, er derfor en indikasjon på at det samme sektormønster gjenfinnes over alle heliografiske bredder.

Imidlertid finnes det også tidsrom hvor likningen på langt nær er tilfredsstillet. En har tilogmed observert solrotasjoner hvor den interplanetariske feltvektor ikke skifter retning i det hele tatt. Disse perioder har vært karakterisert ved en tilsvarende monopolaritet i hele det fotosfæriske bakgrunnsfelt mellom 40°S og 40°N.

En nærliggende tanke er da at denne effekt må kompenseres av et motsatt rettet felt på høyere bredder. Imidlertid synes magnetograf-



Figur 5 Eksempel på den magnetiske feltstruktur i koronaen, beregnet ut fra det observerte fotosfæriske magnetfelt. Nord er oppover og øst mot venstre på figuren. (Wilcox and Svalgaard, 1973.)

registreringene for de angjeldende tidsrom å indikere at så ikke er tilfelle. Selv om magnetfeltobservasjoner på høye bredder generelt er noe usikre, sitter en altså igjen med observasjonsresultater som synes å tyde på at solen i visse perioder er å betrakte som en magnetisk monopol.

Noen forklaring på dette har en hittil ikke vært i stand til å finne. Et konkret resultat av denne oppdagelsen er imidlertid at en i USA nå for alvor har startet planleggingen av en romsonde som er tenkt plassert i en polar bane omkring solen, dvs. i en bane normalt på ekliptikkplanet. Med en slik sonde ville en da kunne studere sektorstrukturen i detalj over alle heliografiske bredder. Et slikt prosjekt ville utvilsomt være av en meget stor vitenskapelig verdi, og ville bl. a. kanskje også kunne bidra med data til løsning av den «monopolare gåte».

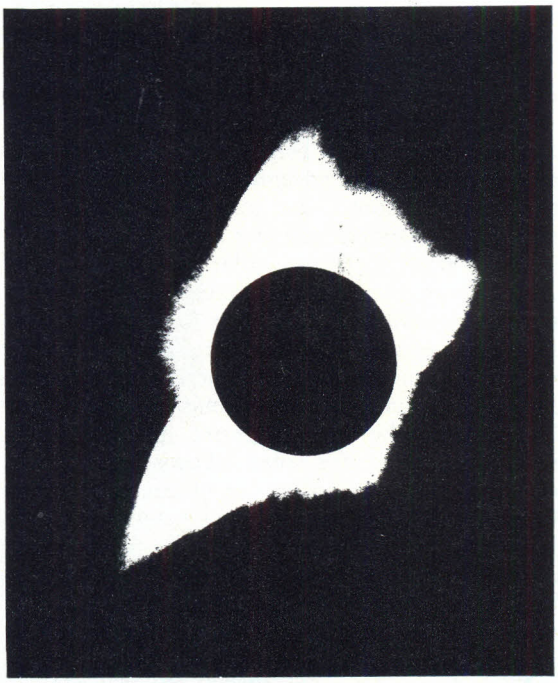
Å plassere et romfartøy i en solar bane som avviker vesentlig fra ekliptikken, krever imidlertid atskillig mer energi enn det en har til disposisjon i dagens utskytningssystemer. Årsaken til dette er å finne i at jorden selv har en hastighet i ekliptikkplanet på nær 29 km/s. Derved vil ethvert romfartøy allerede ved starten være i besittelse av en stor hastighetskomponent relativt til solen. For å oppnå en polar bane, er det nødvendig å sende sonden inn i en spesiell bane mot f. eks. Jupiter, som med sin store gravitasjonskraft vil kunne bevirke en dreining av baneplanet på 90° i forhold til ekliptikken. På denne måte vil en da kunne få sonden inn i den ønskede bane over solens poler.

Varisjoner i den solare vind

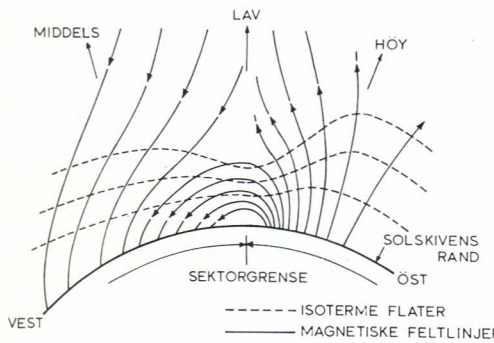
Hittil har vi konsentrert oss om den interplanetariske *magnetiske* sektorstruktur og dennes tilknytning til det solare bakgrunnsfelt. Begrepet den interplanetariske sektorstruktur omfatter imidlertid også de systematiske variasjoner som opptrer i parametre som f. eks. hastighet, tetthet og fluks av den solare vind, samt den magnetiske feltstyrke. Disse parametre fremviser alle et karakteristisk forløp innen stabile sektorer av en viss størrelse. Således er f. eks. hastigheten av den solare vind maksimal 1–2 dager etter en sektorgrensepassasje, mens partikkeltettheten på dette tidspunkt er avtakende og når et minimum 3 dager etter passasjen. Hastigheten er forøvrig minimal umiddelbart før sektorgrensepassasjen, jfr. Figur 9.

For å forstå disse systematiske variasjoner er det nødvendig å se litt på de magnetiske strukturer i koronaen. Blant de nevnte parametre vil vi da begrense oss til bare å betrakte hastigheten av den solare vind, idet det er denne størrelsen sammen med magnetfeltets polaritet som først og fremst synes å være bestemmende for den geomagnetiske aktivitet (se neste kapitel).

Som nevnt i det foregående, er det solare magnetiske bakgrunnsfelt karakterisert ved store



Figur 6 Fotografi av solens korona tatt under en total solformørkelse. Den lysende «spissen» nedover mot venstre er et typisk eksempel på en storstilet loop-struktur.



Figur 7 Wilcox's modell for den magnetiske og termiske struktur i koronaen i området omkring en sektorgrense. (Wilcox, 1968.)

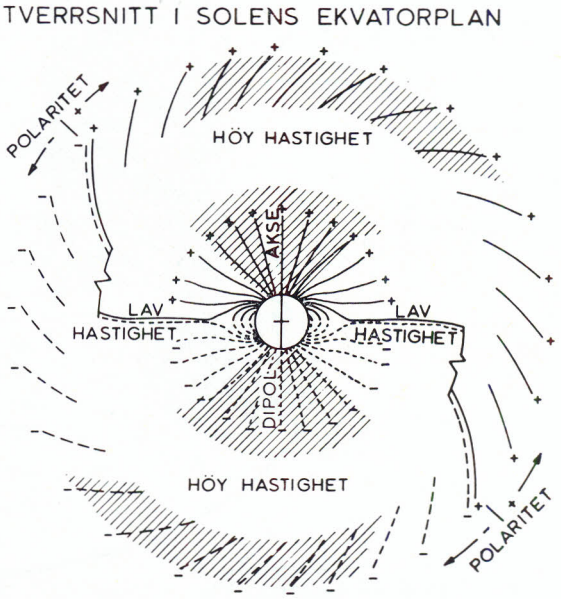
unipolare områder hvor feltvektoren peker enten innover mot eller utover fra overflaten. Superponert på denne bakgrunnsstrukturen finnes imidlertid en rekke lokale områder med en bipolar feltstruktur. Disse områdene opptrer i forbindelse med solflekker og såkalte fotosfæriske og kromosfæriske fakler.

Om en nå følger de fotosfæriske magnetfelter oppover i koronaen, vil en se at de der danner storstilte magnetiske strukturer, se Figur 5, 7 og 8. Noe forenklet kan en skjelne mellom to hovedtyper av strukturer: de åpne og de lukkede. I et åpent magnetisk område finner en divergerende eller radielle feltlinjer, som fortsetter utover i det interplanetariske rom. Et lukket område er derimot karakterisert ved magnetiske loop konfigurasjoner, som forbinder fotosfæriske områder med motsatt magnetisk polaritet (Figur 7 og 8). På formørkelsesfotografier av koronaen trer de lukkede strukturene frem som lyse områder mot en mørk bakgrunn (Figur 6). Dette gjenspeiler det faktum at tettheten i loop-områdene er høyere enn i koronaen forøvrig. Dette beror igjen på at en del av koronaplasmaet holdes innesperret i loop-områdene, hvor det tvinges til å gyrere frem og tilbake langs feltlinjene. I de åpne områder finnes ingen slik innesperrings-effekt.

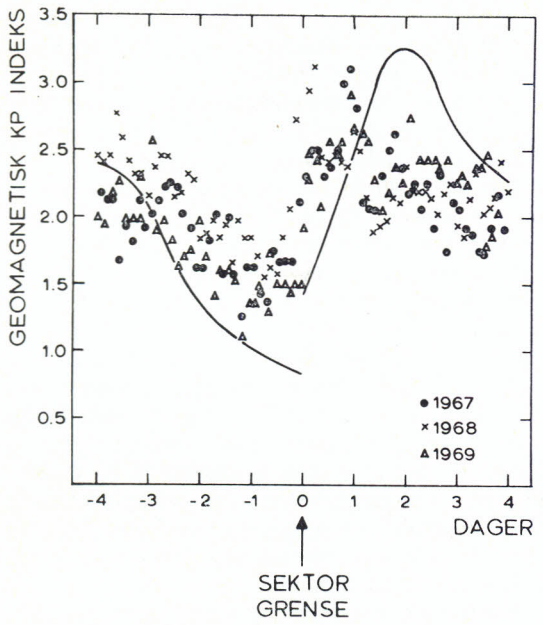
Som antydet ovenfor, og som det også fremgår av Figur 7 og 8, vil nå de magnetiske sektorgrenser være intimt knyttet til loop-strukturer i koronaen. (Det omvendte er imidlertid ikke alltid tilfelle). Hva angår de interplanetariske grenser, oppstår disse ved at den solare vind «trekker med seg» de ytterste feltlinjene i en slik lukket konfigurasjon (Figur 7). Rett over det lukkede området vil det da dannes et smalt sjikt hvor de innefrosne felter vil ha motsatt polaritet, og dermed nøytralisere hverandre. Forlengelsen av dette nøytrale sjikt utover i rommet utgjør da det en observerer som en interplanetarisk sektorgrense. Projeksjonen ned på solens overflate av de interplanetariske grenser faller sammen med de sektorgrenser som observeres i det fotosfæriske magnetfelt (Figur 4).

For nå å vende tilbake til de omtalte hastighetsvariasjoner, så er disse i høy grad knyttet til en magnetisk struktur i koronaen. Den solare vind utgjør ute i det interplanetariske rom en supersonisk strøm av plasma. En tenker seg at denne strømmen starter et stykke nede i koronaen, hvor den til å begynne med er subsonisk. I et visst såkalt *kritisk* nivå går strømmen over fra å være subsonisk il å bli supersonisk. Ifølge teorien for den solare vind, utviklet først og fremst av den amerikanske fysiker E. N. Parker, er strømningshastigheten i det interplanetariske rom avhengig av temperaturen i det kritiske nivå. Jo høyere temperaturen er i dette nivået, jo høyere blir hastigheten.

Nå foregår oppvarmingen av koronaen delvis ved termisk ledning nedenfra. Størrelsen av denne energitransport modifiseres imidlertid av de eksisterende magnetfelter, i og med at den termiske ledningsevne normalt på de magnetiske feltlinjer er mindre enn ledningsevnen langs feltlinjene. I et område med åpne og lukkede feltkonfigurasjoner blir derfor det karakteristiske forløp av de isoterme flater i koronaen som vist i Figur 7.



Figur 8 Hundhausen's modell for sektorstrukturen og hastighetsvariasjonene i den solare vind. (Hundhausen, 1972).

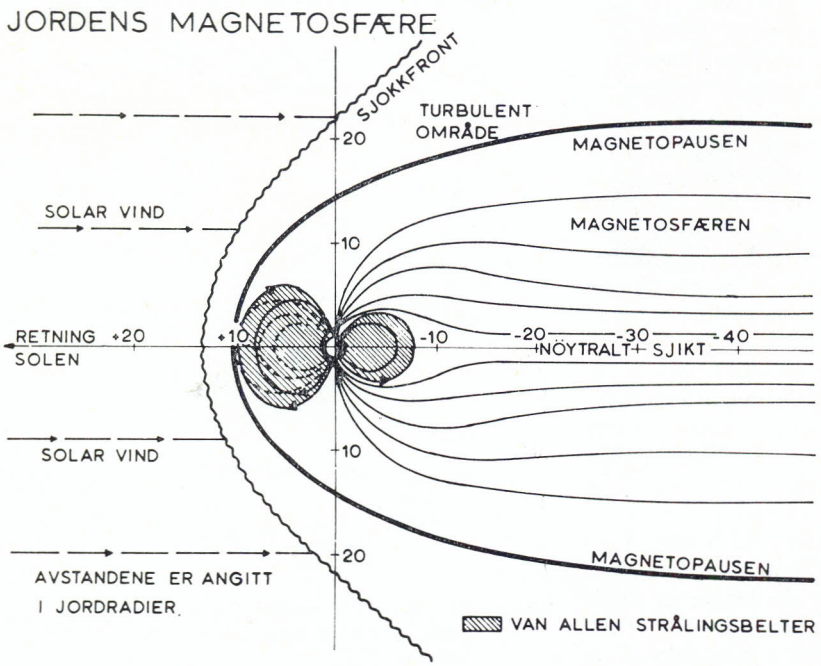


Figur 9 Forløpet av den magnetiske Kp-indeks relativt til passasjen av en sektorgrense. De helopptrukne linjer refererer seg til tidsrommet 1963–1964. Hastigheten av den solare vind fremviser det samme variasjonsmønster omkring en sektorgrense som Kp-indeksene. (Wilcox and Colburn, 1972.)

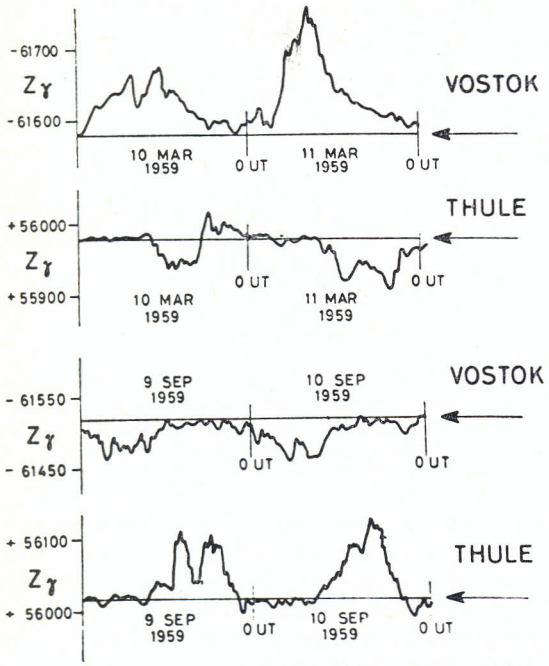
Over lukkede strukturer får vi således en relativt lav temperatur i det kritiske nivå. Ut fra det ovenstående blir dermed området over slike strukturer basis for solare vind strømmer med lav hastighet. På tilsvarende måte får vi en høy utstrømningshastighet over åpne områder, som da karakteriseres ved en høyere temperatur i det kritiske nivå. (Med «høy» og «lav» hastighet menes her hastigheter av størrelsesorden henholdsvis 600–800 km/s og 350/450 km/s).

Figur 8 gjengir skjematisk en modell for sektorstrukturen beskrevet av A. J. Hundhausen. Modellen utgjør en syntese av resultater fra forskjellige forfattere. En tenker seg en magnetisk dipol beliggende i solens ekvatorplan. Ut fra det som er beskrevet ovenfor får vi da en høy utstrømningshastighet langs dipolens akse, og en lav hastighet over de lukkede strukturer normalt på aksen. Tar en nå hensyn til sektorgrensenes spiralmønster (Figur 1), gir modellen et godt samsvar med den observerte sektorstruktur i de tilfelle hvor denne består av bare 2 sektorer pr. omløp av solen; hastigheten av den solare vind er minimal nær selve sektorgrensen, mens første del av en strøm med høy hastighet observeres et par dager etter sektorgrensepassasjen.

Strukturen vist i Figur 8 utgjør en fundamental struktur, som antas å eksistere i sin «rene» form hovedsaklig i år med avtakende og lav solaktivitet. Det større antall sektorer som opptrer i år med økende og maksimal solaktivitet (jfr. Figur 2), kan en da tenke seg som en slags «harmoniske» av grunnstrukturen, generert av den høyere grad av aktivitet i disse årene.



Figur 10 Skjematisk fremstilling av jordens magnetosfære, basert på observasjoner fra IMP–1 i 1963–1964. Figurens plan faller sammen med planet gjennom middags- og midnatts - meridianene. (Ness, 1965.)



Figur 11 Magnetogrammer som viser den geomagnetiske effekt av den interplanetariske sektorstruktur i polar cap områdene. Stasjonene Vostok og Thule ligger på henholdsvis – 84.9° og 86.8° geomagnetisk bredde. De to øverste og de to nederste kurver refererer seg til magnetiske sektorer hvor den interplanetariske magnetiske feltvektor peker henholdsvis utover fra og innover mot solen. Pilene angir det midlere, uforstyrrede felt. (Svalgaard, 1972.)

Korrelasjoner med geomagnetisk aktivitet

Den interplanetariske sektorstruktur influerer på jordens magnetfelt på forskjellige måter. I Figur 9 er vist den globale geomagnetiske respons på passasjen av en sektorgrense ved jorden. Som det fremgår av figuren, opptrer det umiddelbart før passasjen et minimum i den geomagnetiske aktivitet, her angitt ved den planetariske magnetiske K*p*-indeks. 1–2 dager etter passasjen øker så aktiviteten til et maksimum. Dette maksimum representerer geomagnetiske stormer, som også er assosiert med nordlysaktivitet og forstyrrelser av radiokommunikasjonene på høye geografiske bredder.

Den geomagnetiske aktivitet fremviser etter dette de samme variasjoner omkring en sektorgrensepassasje som hastigheten av den solare vind (se forrige kapitel). Dette gjenspeiler det faktum at den geomagnetiske aktivitet uavhengig av sektorstrukturen er funnet å være nøye korrelert nettopp med denne hastigheten.

Denne korrelasjonen forklares delvis ved den økning i «trykket» på jordens magnetfelt som en større hastighet forårsaker. Jordens magnetfelt har ut til en avstand av noen få jordradier karakter av et dipolfelt. I større avstander blir imidlertid magnetfeltet deformert av den solare vind, og antar da en form som vist i Figur 10. Det område hvor det geomagnetiske felt dominerer de fysiske prosesser, kalles *magnetosfæren.* Magnetosfærens yttergrense, magnetopausen, er beliggende i det nivå hvor trykket av den solare vind balanseres av det geomagnetiske «trykk». Denne balanse beskrives, noe forenklet, ved likningen:

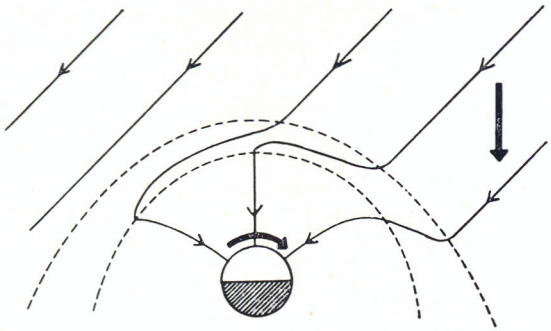
$$(B^2/8\pi) - 2Nmv^2\cos\Theta = 0,$$

der B er den geomagnetiske feltstyrke, N, m og v henholdsvis tetthet, masse, og hastighet av partiklene i den solare vind, og Θ er vinkelen mellom strømningsretninger og retningen normalt på feltlinjene i det punkt som betraktes.

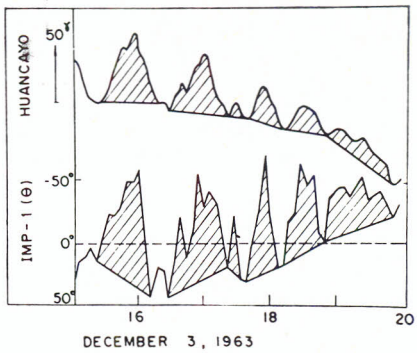
Når nå hastigheten av den solare vind øker, vil likevekten forstyrres, og magnetopausen presses innover mot områder med høyere B-verdier. Denne komprimeringen vil indusere elektriske strømmer både langs magnetopausen og inne i selve magnetosfæren. Strømmer vil også kunne opptre i ionosfæren og langs de geomagnetiske feltlinjer til og fra ionosfæren. Den magnetiske induksjon forårsaket av disse forskjellige strømsystemene vil observeres ved jordoverflaten som perturbasjoner av det totale felt. Disse perturbasjonene opptrer samtidig over hele jorden, og er da identiske med de geomagnetiske stormer.

I forbindelse med Figur 9 kan det nevnes at den korrelasjon som her kommer til syne, utgjør en nøkkel til studier av sektorstrukturen også for årene før 1962, da sektorstrukturen ble observert for første gang. Siden en magnetisk storm gjerne opptrer i forbindelse med en sektorgrensepassasje, vil en ved å studere tidspunktene for slike stormer bakover i tiden kunne få en oversikt over sektorstrukturen som en kanskje ellers ikke ville oppnå på flere år ennå ut fra satellittobservasjoner av det interplanetariske felt. En del deduksjoner av sektorstrukturen etter denne metode er da også utført, men de muligheter metoden rommer er ennå ikke på langt nær utnyttet.

En annen metode til deduksjon av sektorstrukturen er basert på den såkalte Svalgaard-Mansurov effekt. (Figur 11). Denne effekt eksisterer bare innenfor et relativt lite område omkring de geomagnetiske poler. I disse områdene, som går under betegnelsen polar caps, opptrer det daglig en perturbasjon av den vertikale feltkomponent. Det har da vist seg at fortegnet



Figur 13 Ekvator-tverrsnitt av magnetosfæren sett fra en posisjon over nordpolen. De interplanetariske feltlinjer forbinder seg langs magnetopausen med de geomagnetiske feltlinjer fra polar cap området. (Stockflet Jørgensen et al., 1972.)



Figur 14 Eksempel på koherensen mellom den sydlige komponent av det interplanetariske magnetfelt (nederst) og den horisontale komponent av det geomagnetiske felt (øverst), her observert i Huancayo. (Nishida, 1968.)

på denne perturbasjonen bestemmes av polariteten av det interplanetariske magnetfelt. Er den interplanetariske feltvektor rettet ut fra solen, opptrer omkring lokal middag i den nordlige polar cap en *minskning* i den vertikale komponent. Omvendt opptrer det en *økning* i den samme komponent når jorden befinner seg i en sektor hvor feltvektoren peker innover mot solen. I den sørlige polar cap er effekten motsatt rettet, jfr. Figur 11. Som en test på signifikansen av denne effekt, ble det for tidsrommet 1962–1970 utført en sammenlikning fra dag til dag mellom den faktiske observerte polaritet, og den som lot seg utlede av de geomagnetiske registreringer fra Thule (Jfr. Figur 11). Den observerte og den deduserte polaritet viste seg da å stemme overens i over 90 % av tilfellene, se Figur 12.

Svalgaard-Mansurov effekten ble oppdaget omkring 1970, og vakte straks betydelig oppmerksomhet. For den nordlige polar cap's vedkommende (Thule) foreligger kontinuerlige geomagnetiske registreringer helt fra 1926 og frem til i dag. Dette datamateriale har vært og blir fremdeles studert av en rekke forskergrupper i forskjellige land, og det er grunn til å vente at disse studiene vil resultere i betydelige bidrag til forståelsen av den solare og interplanetariske sektormagnetisme.

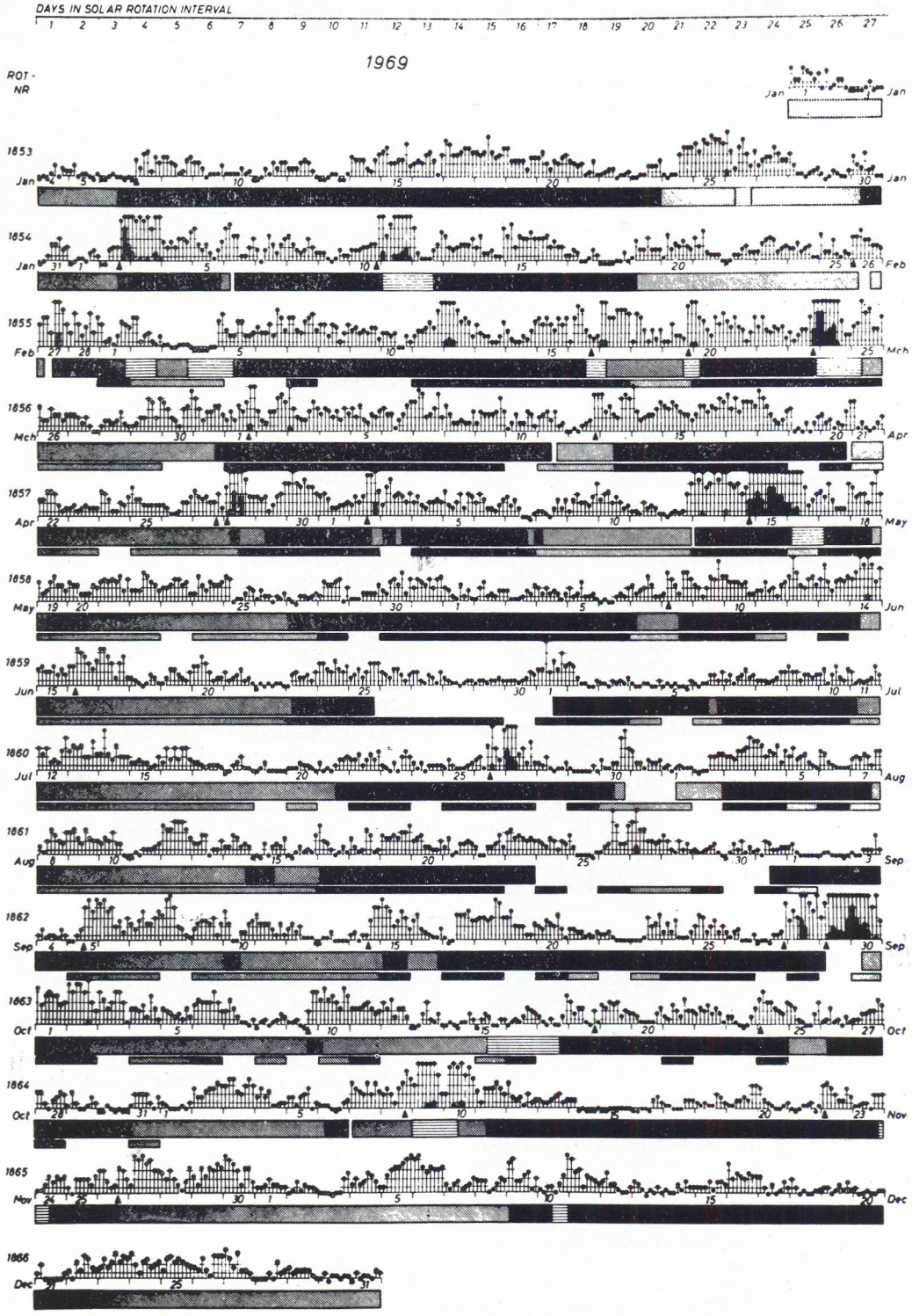
Flere teorier er fremsatt til forklaring av Svalgaard-Mansurov effekten. En av disse er antydet i Figur 13, som viser et snitt av magnetosfæren i et plan gjennom jordens ekvator. På figuren befinner jorden seg i en sektor hvor det interplanetariske felt peker vekk fra solen. Den innerste stiplede kurve betegner magnetopausen. De helopptrukne linjer innenfor denne er projeksjoner av geomagnetiske feltlinjer som passerer gjennom ytterkanten av den nordlige polar cap. Ved en spesiell plasmafysisk prosess beskrevet av bl. a. Dungey, kan de geomagnetiske feltlinjer fra polar cap området forbinde seg direkte med de interplanetariske feltlinjer. Nå vil de interplanetariske feltlinjer bevege seg med den solare vind i retning nedover på figuren. Ved denne bevegelsen trekkes de polare feltlinjer mot høyre, som angitt ved den krumme pil. I det nå de polare feltlinjer er delvis frosset inn i det ionosfæriske plasma, vil en slik bevegelse av feltlinjene føre til en østgående elektrisk strøm i ionosfæren langs randen av polar cap området. Denne strømmen frembringer da en magnetisk induksjon som observeres ved bakken i form av den beskrevne perturbasjon (jfr. Figur 11).

Befinner jorden seg i stedet i en sektor hvor det interplanetariske felt peker inn mot solen, blir forholdene omvendt, og en får en vestgående i stedet for en østgående ionosfærisk strøm.

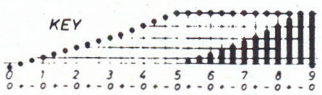
I den sydlige polar cap blir forholdene til enhver tid motsatte av hva de er i den nordlige polar cap.

Vi skal så til slutt se på en tredje signifikant korrelasjon mellom interplanetariske og geomagnetiske feltvariasjoner. Denne korrelasjon er illustrert i Figur 14. Den nederste av de to kurver i figuren viser variasjonene i den vertikale

Figur 12 Polariteten av det interplanetariske magnetfelt i 1969 plottet inn i et diagram over Kp-indeksene. Lyse og mørke skraveringer angir henholdsvis positiv (utover fra solen) og negativ (innover mot solen) polaritet. De brede rektangler representerer polariteten observert fra satellitter, mens de smale rektangler betegner polariteten utledet av de geomagnetiske observasjoner i polar cap områdene. (Wilcox and Svalgaard, 1973.)



PLANETARY MAGNETIC
THREE-HOUR-RANGE INDICES
Kp 1969



▲ = sudden commencement

komponent av det interplanetariske magnetfelt, observert i tidsrommet 14.00–20.00 UT den 3. desember 1963. (Vertikalretningen er her retningen normalt på ekliptikkplanet, og defineres positiv nordover). Øverst er vist varisjonene i samme tidsrom av den horisontale geomagneiske feltkomponent, observert i Huancayo. Av figuren fremgår at tilstedeværelsen av en sydlig komponent i det interplanetariske magnetfelt er ledsaget av en geomagnetisk perturbasjon. Det er her tale om en peak-to-peak korrespondanse, og amplituden av perturbasjonen er stort sett proporsjonal med størrelsen av den sydlige komponent.

Denne effekt gjenfinnes over store deler av jorden, og er assosiert med storstilte strømsystemer i ionosfæren. Disse strømmer er via de geomagnetiske feltlinjer knyttet til plasmastrømmer i magnetosfæren, som på sin side induseres ved at feltlinjer langs magnetosfærens yttergrense forbinder seg direkte med det interplanetariske magnetfelt. For geomagnetiske feltlinjer som ikke «tilhører» polar cap områdene, kan det ut fra plasmafysiske betraktninger vises at en slik tilknytning til det interplanetariske magnetfelt bare er mulig når dette har en sydlig komponent.

Oppsummering

Vi har i denne artikkelen forsøkt å gi et overblikk over den interplanetariske sektorstruktur og dens tilknytning til solare og geomagnetiske fenomener. De korrelasjoner som er beskrevet hører avgjort med iblant de viktigste aspekter ved dette fagkompleks. Likevel bør det presiseres at vi ved det utvalg som er gjort, bare har berørt en brøkdel av de mange interessante fysiske fenomener som knytter seg til sektorstrukuren.

Etterhvert som måleresultatene fra magnetosfæren og det interplanetariske rom er blitt publisert, har også forskergrupper utenom de to romfartsnasjoner USA og Sovjet kunnet ta del i forskningen på dette området. Alt i alt er da dette et forskningsfelt som befinner seg i en enorm utvikling, og det er liten grunn til å tvile på at en i årene som kommer vil få avdekket nye og interessante aspekter ved vekselvirkningen sol-jord.

Litteratur

Hundhausen, A. J., 1972: *Coronal Expansion and Solar Wind,* Springer-Verlag, Berlin–New York.

Ness, N. E., 1965: *J. Geophys. Res. 70,* pp. 2989–2999.

Nishida, A., 1968: *J. Geophys. Res. 73,* pp. 1795–1799.

Stockflet Jørgensen, T., E. Friis-Cristensen, and D. Wilhjelm: *J. Geophys. Res. 77,* pp. 1976–1977.

Svalgaard, L., 1972: *J. Geophys. Res. 77,* pp. 4027–4035.

Wilcox, J. M., 1968: *Space Sci. Rev. 8,* pp. 258–320.

Wilcox, J. M., and D. S. Colburn, 1972: *J. Geophys. Res. 77,* pp. 751–756.

Wilcox, J. M., and N. F. Ness, 1965: *J. Geophys. Res. 70,* pp. 5793–5805.

Wilcox, J. M., and L. Svalgaard, 1973: Report No. 547, Institute for Plasma Research, Stanford University, California.

Bøker

E. Peersen og S. Østefjells: Elevforsøk i fysikk for gymnaset, Universitetsforlaget, 1972, 150 sider. Pris kr. 19.60.

Heftet omfatter i alt 51 forslag til elevøvinger for alle deler av fysikken, og er ment å skulle kunne brukes i tilknytning til alle lærebøker i fysikk for gymnaset. Tekstene til forsøkene er skrevet på ark med huller ferdig til å sette inn i en ringperm; det er også ferdige trykte skjemaer til å føre inn måleresultatene.

Utvalget er så vidt jeg kan skjønne meget fornuftig. De kortfattede teoriene er stort sett bra, men teorien for overflatespenning vil neppe noen bli særlig kloke av. I forsøket: «Magnetisk fluktstetthet» står det: «Kraftvirkningen på en rett strømførende leder med lengde l som befinner seg i et homogent magnetfelt er: F = Bil", uten at man snakker om l's vinkel i forhold til B.

Det er nokså mange småfeil og unøyaktigheter. Jeg skal nevne et par ting. På s. 39 står tygnde i stedet for tyngde, på s. 65 står naftalin i stedet for naftalen, på s. 67 står SI-systemet (det er vel smør på flesk), på s. 117 er volt skrevet med stor v.

La meg til slutt nevne at anmelderens navn er skrevet feil tre ganger i litteraturlisten bakerst i heftet.

K. J. Knutsen

EDB ved strålebehandling av kreft

Dag Rangnes og Arne Dahler

Ved strålebehandling av kreft er doseringen hittil her ved Haukeland Sykehus beregnet for hånd ved hjelp av kurver som de i fig. 1.

Den viser hvordan dosen, eller absorbert energi pr. gram, avtar inn i kroppen. Strålingen fra ^{60}Co er 2 gammakvant med energi 1.17 og 1.33 MeV, og når den går inn i kroppen, øker dosen til den når sin maksimale verdi i 0,5 cm. dybde, for deretter igjen å avta. Fig. 1 viser dosen i prosent av den maksimale verdi. Noen ganger blir det lagt på en blykile som absorberer en del stråling, og da blir dosefordelingen som på fig. 2.

Når en skal beregne en behandling av flere strålingsfelt, blir det å legge sammen bidraget fra hvert felt i en del punkter. Denne beregningsmåte er forholdsvis enkel og lite tidkrevende ved to felter, mens den blir nokså omstendelig ved tre eller flere.

Ved bruk av EDB i doseplanlegging må vi

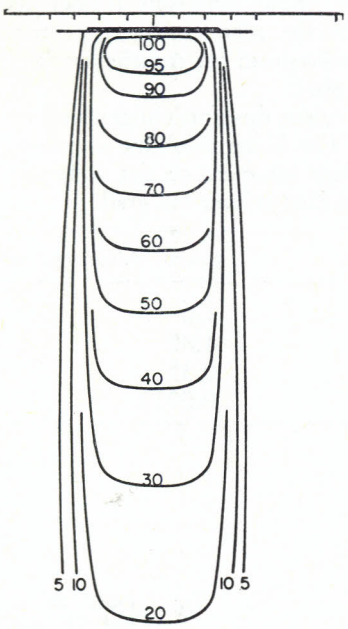


Fig. 1 Dosefordeling i prosent av maksimal dose.

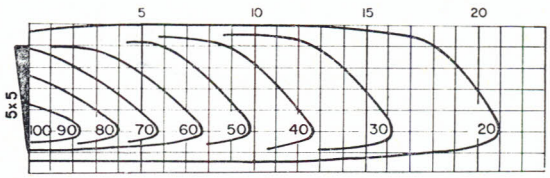


Fig. 2 Dosefordeling med blykile.

frigjøre oss fra bruk av kurver og gå over til en matematisk beskrivelse av dosen når et felt går inn i kroppen.

Vi må vite to ting:

1) Hvordan dosen varierer langs sentralstrålen i feltet.
2) Variasjonen av dosen i et plan på tvers av sentral-strålen i en viss dybde, profilen.

Til bruk av EDB er det blitt utviklet flere modeller. Sterling (1964) tilpasser profilen ved hjelp av kumulativ normalfordeling, mens vi her har brukt en modell av van de Geijn, Nederland. Etter denne blir dosen beskrevet etter uttrykket:

$$D(s, d, f) = g(s, d)\,[(f + dm)/(f + d)]^2 \cdot T$$

s er sidekanten i det kvadratet feltet dekker på huden.

d er dybden hvor en ønsker å vite dosen.

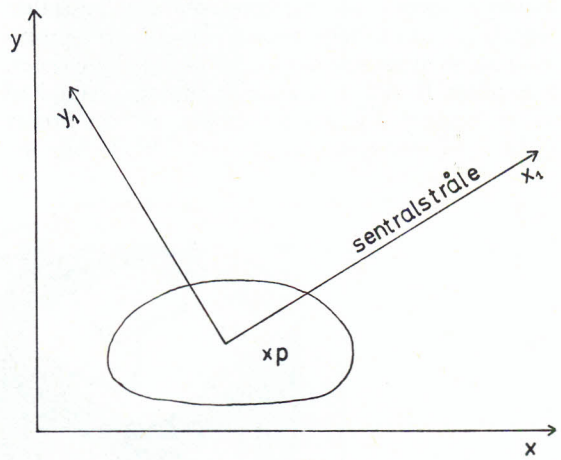


Fig. 3 Pasientkontur med kropps- og stråleorientert aksesystem.

* *Cand.real Dag Rangnes* er stipendiat ved Landsforeningen mot Kreft, Haukeland Sykehus, Bergen.
Cand. real Arne Dahler er hospitalfysiker ved Haukeland Sykehus, Bergen.

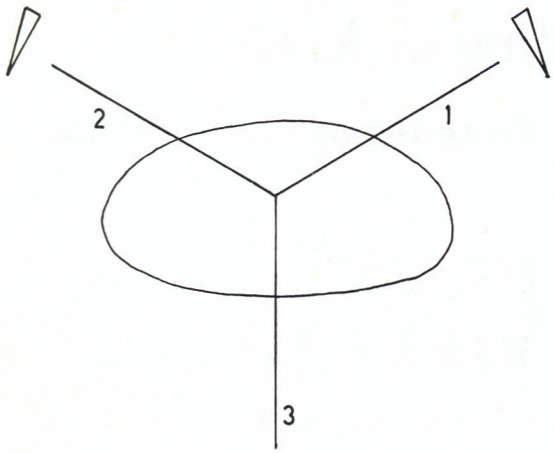


Fig. 4 Geometri for behandling med tre felter. Felt 1 og 2 er forsynt med blykile.

f er avstand kilde hud, til vanlig 80 cm.
dm er dybde ved maksimal dose, ved ^{60}Co-stråling er dm = 0,5 cm.
g(s, d) er et polynom av 2. grad med d som variabel.
$g(s, d) = C_1 + C_2 \cdot d + C_3 \cdot d^2 \cdot$

Koeffisientene C_1, C_2 og C_3 varierer med sidekanten på feltet.

T er forholdet mellom dosen i et punkt og dosen i sentral-strålen i samme dybde. T er målt for hver 0,5 cm i 10 cm dybde.

Det går også an å bruke tabell over dosen langs sentral-strålen heller enn faktoren g(s, d) $[(f + dm)/(f + d)]^2$

Å beregne dosen i et punkt i kroppen er et spørsmål om geometri, i tillegg til data om strålefeltet vi bruker. Vi bruker 2 koordinat-system som på fig. 3. På en avtegning av pasientens konfigurasjon i det området som skal bestråles, konturen, er en del punkter angitt i det kroppsorienterte aksesystemet (x, y). For å finne dosen i punktet P, må vi kjenne dybde og avstand til sentralstrålen, og til det bruker vi det strålеorienterte aksesystemet (x_1, y_1). Dybde blir avstand fra P til skjæringspunktet mellom konturen og linje gjennom P parallell med x_1-aksen. På denne måten blir dosen regnet ut i en del punkter i et rektangel.

Som et eksempel kan vi ta for oss en kombinasjon benyttet til behandling av blærekreft, som vist på fig. 4. Her er felt 1 og 2 forsynt med kile. Beregningen er kjørt på UNIVAC 1110, Universitetet i Bergen og plottet på Calcompplotter.

Fig. 5 viser et plott av dosefordelingen. Kurvene går gjennom punkter med samme dose. Hensikten er å få optimal dose i svulsten og minst mulig i det omkringliggende friske vev, og en kan prøve seg fram til en får et gunstig resultat.

En ting som er vanskelig å få fram ved beregning for hånd, er skrått innfall av strålingen, som f. eks. ved felt nr. 2, fig. 4. Her treffer sentral-strålen huden under en vinkel som er forskjellig fra 90°, og alle punkter på samme normal på sentral-strålen vil ikke ligge i samme dybde og vil derfor heller ikke få samme dose.

Et tilfelle som er nærmest umulig så lenge en skal beregne for hånd, er at feltet pendler og pasienten ligger stille. Dosen i et punkt vil da variere med rotasjonsvinkelen, og det blir da i praksis å foreta en numerisk integrasjon. Der kunne en bruke Simpsons formel eller en liknende metode, men vi har lagt sammen bidrag i visse mellomrom for rotasjonsvinkelen, her for hver 10. grad.

Fig. 6 viser dosefordelingen ved en pendling på 270°. For å sammenlikne er bidrag for hver 5. grad lagt sammen, og det vi får da, er svært likt det vi får for hver 10. grad.

Vevstype	g/cm^3	Elektrontetthet/gram
bløttvev	1,0	$3,4 \cdot 10^{23}$
bein	1,85	$3,0 \cdot 10^{23}$
lunge	0,35	$3,5 \cdot 10^{23}$
luft	0,0013	$3,0 \cdot 10^{23}$

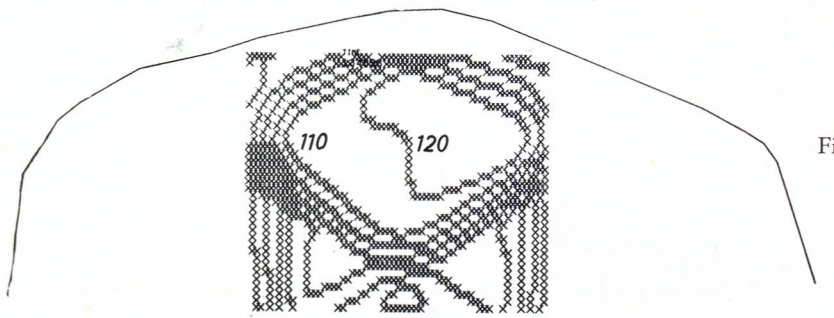


Fig. 5 Plott av dosefordeling ved felt som på fig. 4.

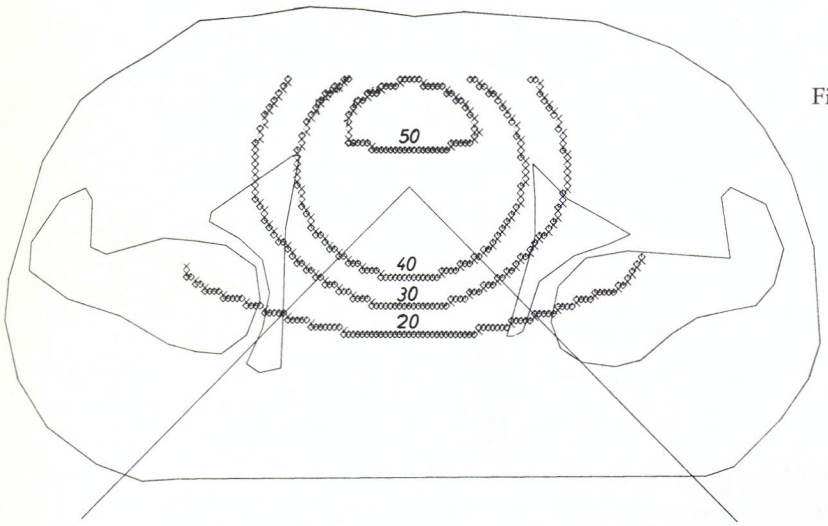


Fig. 6 Plott av dosefordeling ved pendling i 270°. Feltet pendler fra ÷ 45° til 225°.

Som kjent har kroppen flere vevstyper. Vi har foruten bløttvev (muskel- og fettvev), bein, lungevev og luftkaviteter. Disse har forskjellig egenvekt og forskjellige antall elektroner/gram, som er de bestemmende faktorer for energiabsorbsjonen.

Vi kan ta for oss en behandling av lungekreft der vi ser betydningen av en korreksjon i lungevevet. Fig. 7 viser et snitt av kroppen med hjerte og lunger, og fig. 8 viser samme snitt forenklet med lunger inntegnet. Hjertet trykker den ene lungen sammen, så den blir mindre enn den andre. Dersom vi ikke korrigerer for lungevevet, får vi en dosefordeling som på fig. 8, og med korreksjon blir det som på fig. 9. En ser at ved en viss dybde blir det større dose enn om det var bløttvev. Korreksjonen blir naturlig nok større ved større dybde, etter som det da blir lengre passasje gjennom lungene.

LITTERATUR

Sterling, T. D., Perry, H. and Katz, L. Brit. 3. Radiol. *37* (1964), 544

J. van de Geijn, Computer Programs in Biomedicine. *1* (1970), 47.

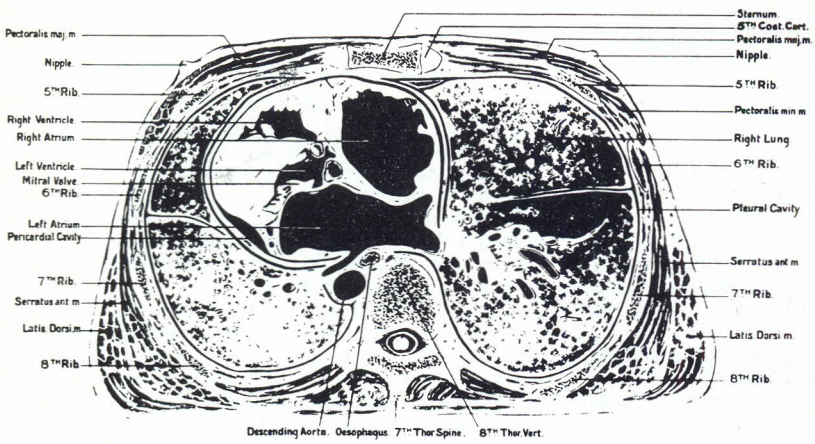


Fig. 7 Snitt av kroppen med hjerte og lunger.

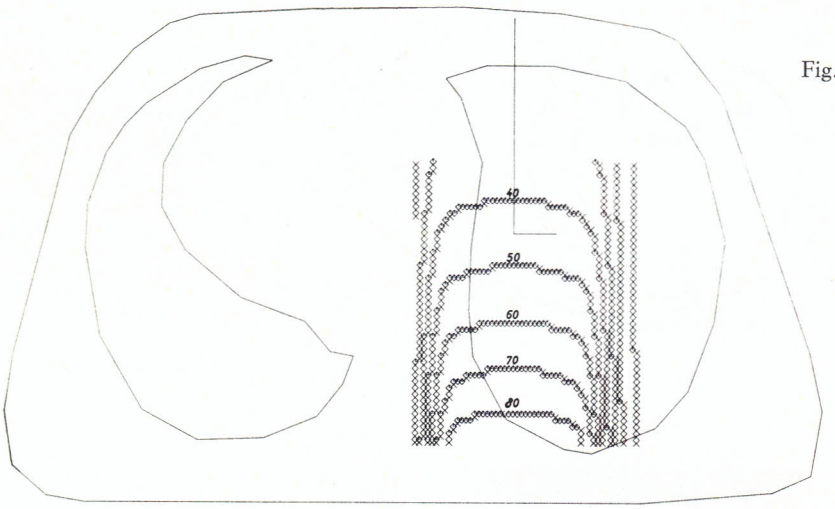


Fig. 8 Dosefordeling *uten* korreksjon for lungevev.

LUNGE, 1 FELT KORRIGERT

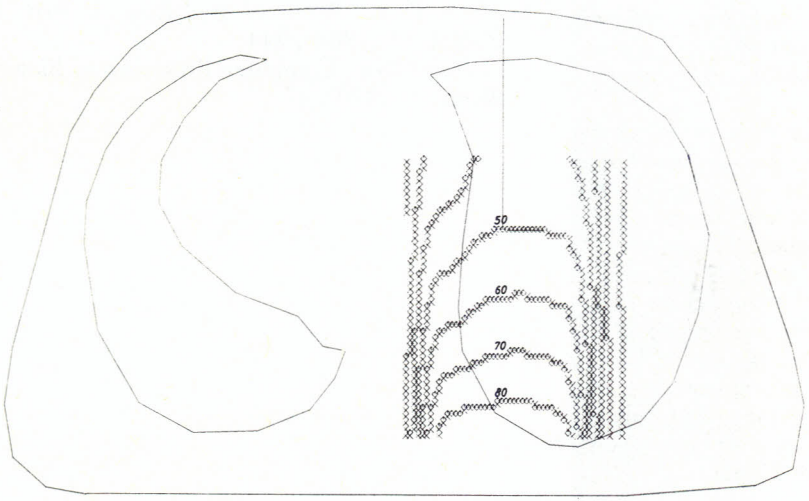


Fig. 9 Dosefordeling *med* korreksjon for lungevev.

A. C. Pipkin: Lectures on Viscoelasticity Theory. Springer-Verlag 1972.

I forordet sier forfatteren at boken inneholder notater til et ett-semesters kurs i viskoelastisitetsteori ved Brown University. Av bokens 9 kapitler er de første syv viet Boltzmanns lineære viskoelastisitetsteori.

I kapittel I gjennomgås teoriens grunnleggende begreper så som spenningsrelaksasionsmodul og krypefunksjon, og materiallikningene på en-dimensjonal form presenteres. I kapittel II gis en heuristisk innføring i Fourier- og Laplace-transformasjonen med inversjonsteoremer og foldningsintegralteoremer. Dette matematiske apparatet brukes hyppig og instruktivt i de følgende kapitlene som gir eksempler på teoriens anvendelse på endimensjonale problemer. Her skulle det være oppgaver å hente for undervisere i anvendt matematikk som savner eksempler med fysikalsk tilknytning.

I kapittel V gjenomgås de tre-dimensjonale materiallikningene samt korrespondanseprinsippet, dvs. analogien mellom elastisitetsteoriens og viskoelastisitetsteoriens feltlikninger når de sistnevnte Laplace- (Fourier-) transformeres. Den lineære delen avsluttes så med et kapittel om termiske effekter, spesielt temperaturens innflytelse på materialresponsfunksjonene.

Den ikke-lineære delen innleder med å behandle deformasjoner med store rotasjoner, men små tøyninger slik at materialresponsen fortsatt kan betraktes som lineær. Problemet med å reformulere den lineære materiallikningen slik at rotasjonen ikke kommer med i bildet gjennomgås som et generelt kontinuums-mekanisk problem. *Forts. s. 69*

Nye forskningsresultater fra Brookhaven

Olav Steinsvoll

Energiforskning

Mangt har endret seg her ved Brookhaven National Laboratory, BNL, siden jeg arbeidet her for 10 år siden. Store grupper som skulle studere ulike sider ved kraftreaktorer, er blitt nedlagt i mellomtida, og utviklingsarbeidet er overført til andre laboratorier. På den andre siden har en tatt opp studiet av generelle energiproblemer i USA. Dette er en del av programmet for å gjøre USA uavhengig av innført brensel i 1985. De siste 10 åra har BNL fått god erfaring i å bygge store superledende kraftoverføringsledninger.

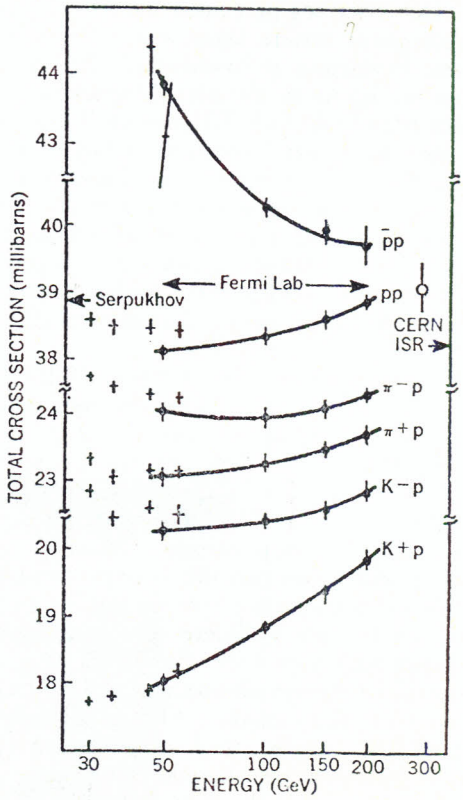
En annen anvendelse av disse erfaringene er i området fusjonsforskning. I en fusjonsreaktor med flere meters diameter antar en at en må bruke superledende magneter for å holde det varme plasmaet på plass. Magnetviklingene vil bli utsatt for kraftig stråling, særlig nøytroner, og en undersøker nå hvordan ordningen i legeringene NbTi og NbSn blir ødelagt under bestråling.

Enorme energimengder vil ligge lagret i de store feltområdene, og hvis en ikke passer på, kan en få lokal opphetning, en del av magneten vil gå over til normal ledning, og magneten vil ødelegge seg selv ved hjelp av sin lagrede energi. Feltene vil også virke på viklingene med store mekaniske krefter. En ser altså at en fusjonsreaktor vil stille store krav til materialer og konstruksjon. Erfaringene til BNL kan øke sikkerheten til slike innretninger.

For å skjerme magnetutviklingene mest mulig mot den intense strålinga vil en nytte en flytende litiumskjerm som samtidig fungerer som kjølemiddel i fusjonsreaktoren. Ved nøytron innfangning vil litium spaltes til tritium, som igjen kan nyttes til brensel i reaktoren. Veggene i røret for kjølevæsken vil en lage av en aluminium-litium-legering, som også må tåle den kraftige strålinga. Ulike veggmaterialer blir nå undersøkt her ved laboratoriet.

Systemanalyse.

For å bygge bru mellom alle de tekniske løsninger og muligheter som foreligger og den energipolitiske planlegging som må foregå i statsadministrasjonen, har en ved BNL laget en modell av USA's energisystem. Den tar også med økologiske data som viser energiproduksjonens virkning på omgivelsene. For å få slik informasjon har en startet et studium av havet over kontinentalsokkelen syd for Long Island. Den meteorologiske avdeling har i flere år vært i gang med å undersøkelse virkningen av røyk og svovel fra kull- og oljefyrte kraftverk.



Det totale reaksjonstverrsnittet for protoner ved vekselvirkning med antiprotoner, protoner, pi-mesoner og k-mesoner målt i Serpukhov (USSR), CERN (Sveits) og FNAL (USA). Det ser ut som om tverrsnittene nærmer seg asymptotiske verdier for høye energier. Ved slike høye energier er det ingen forskjell på partikler og antipartikler, og en kan også håpe på at sterk, svak og elektromagnetisk vekselvirkning kan forenes i én og samme teori. (Etter Phys. Today, July 1974).

Hydrogensamfunnet

En gang i framtida vil en måtte se i øynene at oljen tar slutt. En bør derfor allerede nå undersøke andre mulige brennstoff for biler og fly. Under siste verdenskrig laget tyskerne hydrokarboner av kull; dette vil være en mulighet. En annen mulighet vil være å fremstille hydrogen og bruke det som drivstoff. BNL har stor erfaring i lagring av store mengder flytende hydrogen til bruk i boblekamre. Det er derfor naturlig at BNL har grupper som studerer mulige oppbevaringsmåter for hydrogen.

Det viser seg at i noen metallhydrider ligger hydrogenet tettere lagret enn i flytende hydrogen. Problemet er hvordan en skal få hydrogenet inn og ut av metallet. Magnesiumhydrid og jern-titan hydrid ($FeTiH_2$) er mulige kandidater. Laboratoriet har konstruert en lagringstank som blir prøvekjørt i disse dager. Elektrisitetsselskapene er svært interessert i å bruke hydrogen som buffer for å jamne ut belastningen på generatorene. Selskapene setter nå inn generatorer drevet med gassturbiner under perioder med toppbelastning. De har likevel liten effektivitet.

Neste generasjon akseleratorer: ISABELLE

En spesiell gruppe arbeider med planer for en ny stor akselerator der en vil bruke superledende magneter. Selv om maksimumsenergien på protonene vil bli omlag 200GeV, vil det kraftige magnetfeltet (40K Gauss) redusere størrelsen på akselerasjonsringen. Ideen er videre å konstruere maskinen slik at to protonstråler blir akselerert samtidig i hver sin retning, og til slutt vil en la dem kollidere mot hverandre i fire eksperimentalområder. En vil da få kollisjonsenergi i tyngdepunktssystemet på 400 GeV. En liknende akselerasjon (ISR) er allerede i gang i CERN, Genéve, med en energi på 60 GeV. Akseleratoren har allerede fått navnet *Isabelle,* og en håper å få den i gang om 10–15 år.

Nye høyenergiresultater

For 10 år sida var protonankseleratoren AGS her i Brookhaven den kraftigste i USA (33GeV). I melomtida har en bygd en stor akselerator ved Chicago der en kan akselerere protoner til 400 GeV. Disse kan likevel bare bombardere et stillestående mål, og den effektive energi blir derfor bare 28 GeV. Laboratoriet kalles Fermi National Laboratory, FNAL. Akseleratoren her ved BNL blir nå til dels brukt til å utvikle eksperimentalmetoder og -apparater som siden blir overført og anvendt ved FNAL. De nyeste resultatene av dette samarbeidet mellom de store laboratoriene ble lagt fram i sommer.

I løpet av de siste par åra har en målt det totale reaksjonstverrsnittet for nøytroner og protoner med stor nøyaktighet ved høye energier ved å bombardere flytende hydrogen eller deuterium med seks ulike partikkelstråler: protoner og antiprotoner, pluss og minus på mesoner og pluss og minus K-mesoner. Disse partiklene ble produsert ved å la protoner fra FNAL-akseleratoren kollidere med en plate av grunnstoffet beryllium. Bak berylliumplaten oppstår en skur av sekundære partikler. Ved hjelp av spesielle tellere bak karet med flytende hydrogen kunne en måle hvordan transmisjonen av partiklene og dermed tverrsnittet varierer med partiklenes inkommende energi.

En trodde før at desto fortere en partikkel gikk, desto mindre ville sjansen være for at partikkelen skulle tre i vekselvirkning med andre partikler. De nye målingene viser at tverrsnittet eller sjansen for kollisjon med protoner og nøytroner tvertimot øker når partiklenes energi øker. Bare for antiprotonet viste det seg at tverrsnittet sank når energien ble økt. Mellom 150 og 200 GeV var likevel tverrsnittet nesten konstant, og en antar nå at tverrsinittet også for antiprotonets vedkommende vil øke over 200 GeV.

Dette er oppsiktsvekkende resultater, men allerede i 1971 begynte en å ane at tverrsnittet øker med partikkelenergien. Da kom resultatet av et eksperiment ved Serpukhov-akseleratoren syd for Moskva, der en hadde arbeidet med positive K-mesoner. I fjor viste resultater fra ISR i CERN at protontverrsnittet økte med energien, og nå er bege disse resultater bekreftet i USA.

En annen bemerkelsesverdig observasjon er at ved disse høye energier har nøytroner og protoner nesten samme tversnitt, og det er heller ingen særlig forskjell på partikler og deres antipartikler. Dette er i tråd med en teori satt fram i 1958 av den russiske teoretikeren I. Y. Pomeranchuk.

En ser her årsaken til at en snarest mulig vil høyere opp i energi. Eksperimentene som en i framtida vil kunne gjøre ved ISABELLE, vil kanskje kunne besvare to fundamentale spørsmål som til nå er uøste: Har protoner og nøytroner en indre struktur? (Quarks) Kan en bevise eksperimentelt at de nye teoriene som forener den elektromagnetiske og den svake vekselvirkning virkelig holder stikk, og kan en forene den sterke vekselvirkning med disse igjen?

I fysikkens historie har vi allerede set eksempel på det store gjennombruddet som Maxwells likninger forårsaket da han klarte å forene de magnetiske og elektriske vekselvirkninger og teorier i en felles teori (1873). Foreningen av den spesielle relativitetsteori og kvanteteorien førte til kvantefeltteorien i slutten av 1920-åra. A. Einstein prøvde de siste år av sitt liv å finne en felles teori som kunne ta opp i seg alle de kjente fysiske teorier, men uten å lykkes. Som kjent regner en nå med fire forskjellige slags vekselvirkninger eller krefter: gravitasjonskrefter, elektromagnetiske krefter, krefter mellom nukleære partikler og den såkalte svake vekselvirkning.

I en teori satt fram av S. Weinberg blir den

elektromagnetiske og svake vekselvirkning forenet til en teori. Han antar tilstedeværelsen av en såkalt z-partikkel – et nøytralt vektor boson som tilhører samme familie som fotonet. Han kunne forutsi såkalte «neutral current» prosesser. På to bilder fra akseleratoren i CERN har en nå funnet spor etter slike prosesser, men en vil gjerne ha flere bekreftelser. Teorien antar at både den elektromagnetiske og svake kraft er identisk for små avstander. Den svake kraft er bare tilsynelatende svak fordi den har så kort rekkevidde.

Bør vi bygge hevertkraftverk (HKV) i stedet for kjernekraftverk?

Honi soit qui mal y pense. (Red.)

I det siste er det kommet frem mange forslag om nye energiproduksjonsformer som vil gjøre bygging av kjernekraftverk overflødig. Ett av de mest lovende forslag er å bygge hevertkraftverk. Fysikken er godt kjent fra gymnaslærebøker, men for dem som måtte ha glemt detaljer, skal vi gjenta noen formler som viser virkemåten.

Som kjent stiger væske i et kapillarrør så høyt at overflatekreftene som drar væsken opp, blir oppveid av vekten av væsken i røret.

$$\text{Kapilarkraften} = 2\pi r\gamma\cos\Theta \qquad (1)$$
$$\text{Vekten av væsken} = \pi r^2 h\varrho g \qquad (2)$$

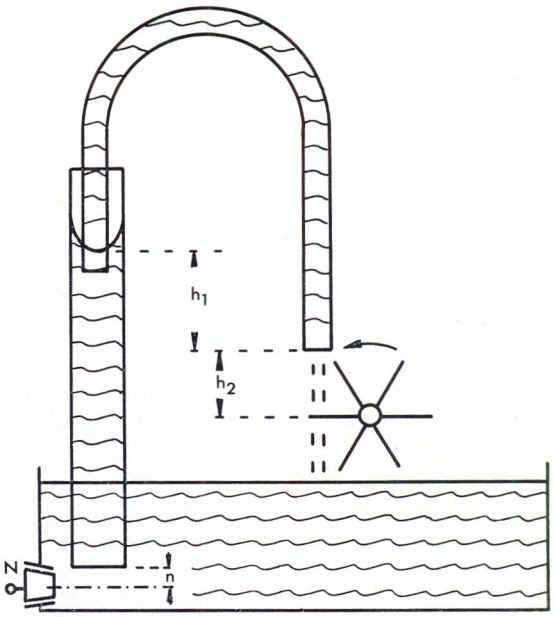
der r er rørets radius, h er høyden, ϱ er væskens tetthet, g er tygdens akselerasjon, γ er overflatespenningen. Θ er vinkelen mellom væskens overflatetangent og den indre vegg i røret. Når Θ er liten, blir $\cos\Theta \approx 1$. Vi finner derfor:

$$rh = 2\gamma/\varrho g \qquad (3)$$

For å få en tilstrekkelig mengde væske i røret, må en altså bruke en væske som har liten tetthet og stor overflatespenning.

Ned i røret med væsken settes en hevert der den frie munningen av røret ligger godt under høyden av menisken i kapillarrøret, se figuren. Heverten vil prøve å tømme røret for væske, men alle dimensjoner og væskens egenskaper er optimalisert, slik at overflatekreftene suger ny væske opp, og fyllingen holder akkurat tritt med tømmingen av røret gjennom heverten. Vannet som strømmer ut av heverten, driver et skovlhjul koblet til en elektrisk generator.

Ved å bygge mange slike HKV rundt i landet vil en gjøre andre kraftverk unødvendige. Den nye teknologien vil oppfylle alle de ønskemål som en samfunnsbevisst fysiker må stille til moderne tekniske innretninger. En stor fordel er at HKV er meget miljøvennlige; de avgir hverken varme, røyk eller støy. De vil derfor kunne nyttes som et argument mot dem som



Prinsippskisse av et hevertkraftverk (HKV) der skovlhjulet kan drive en elektrisk generator. En nødstoppinnretning er antydet ved N. Prinsipielt vil hele HKV kunne kapsles inn.

hevder at all anvendt fysikk eller teknologi er ond, menneskefiendtlig og forurensende.

Kapitalutgiftene er små, og bygging av HKV vil bryte med utviklingen i retning av milliardinvesteringer for ett enkelt kraftverk. Dette, sammen med at teknikken er enkel, fører til at de med fordel kan brukes i utviklingsland der utdanningsnivået er lavt. Den nye teknikken er «soft», og en vil ikke trenge å gjøre sosiologiske undersøkelser for å finne ut hvordan den vil påvirke eller bryte ned de lokale kulturmønstre. Tvertimot vil en kunne tenke seg nasjonale utgaver av kraftverkene der heverten f. eks. kunne formes etter lokale kunsttradisjoner. Virkemåten er lett å forstå, og folk vil ikke føle seg fremmedgjorte overfor slike innretninger.

Som vi har sett i diverse artikler i FFV, er energiressursene i verden svært ulikt fordelt, og denne ubalansen fører til sterke politiske spenninger. HKV tar i prinsippet energi fra jordens gravitasjonsfelt som fins overalt, og de vil

derfor demokratisere energitilgangen i verden og minske faren for verdenspolitiske eksplosjoner.

De er typiske desentraliserte enheter og passer derfor godt inn i en økologisk riktig livsform. En sabotasjeaksjon mot ett enkelt HKV vil ikke sette menneskeliv eller landets økonomi i fare, og en vil heller ikke kunne tenke seg at noen vil kunne lage en «hevertbombe» som kunne misbrukes i utpressingsøyemed.

Vansken med HKV er at de bruker opp gravitasjonsenergi som fins i endelig mengde, men en enkel regning viser at selv med en forventet stigning i energiforbruket på 7 % pr. år vil feltet etter 500 års integrert forbruk ikke vise noen merkbar nedgang. Grensen synes å ligge et millenium frem i tiden, men inntil da vil sikkert biologenes eksperimenter med å fremstille et minimenneske ha løst ressursproblemene slik vi kjenner dem i dag. Det er også antatt at at jorden får stadig ny tilførsel av gravitasjonsenergi ved absorpsjon av gravitoner fra fjerne galakser. *S. J. Kobling*

Nyhetsspalten

UNIVERSITETET I TRONDHEIM

Norges Tekniske Høgskole

Inst. for teoretisk fysikk:

Ny kandidat i fysikk: Kåre Olaussen, siv.ing. Hovedoppgave: Renormalisering av kvanteelektrodynamikken v. h. a. dispersjonsteori. Ny arbeidsplass: Ph. D. studium i anv. mat. MIT.

Ny licentiat: Johan Skule Høye, lic. tech. Avhandling: Phase transitions in systems with large long-range forces.

Nyansatt/sluttet: H. J. Braathen; nå: lektor Sandefjord Gymnas; tidl.: underversitetsstipendiat NTH.

Nyansatt/sluttet: J. S. Høye; nå: vit.ass. teoretisk fysikk NTH; tidl.: rekrutteringsstip. NAVF.

Inst. for eksperimentalfysikk:

Nye kandidater i fysikk:

Peer Staale Dahlberg, siv.ing. 1973. Hovedoppgave (stikkord): «Chopping» av kont. laserstråle. Ny arb.plass: NTH.

Karstein Wergeland, siv.ing. 1974. Rekombinasjon av tryptotanion. Militære.

Knut Arne Strand, siv.ing. 1974. Spredning av lys. NTH.

Lars Tvedt, siv.ing. 1974. Spredning av lys. Militære.

Rolf Hansen, siv.ing. 1974. Væskescintillasjon. Militære.

Nyansatt/sluttet: Selanger, K. A.; nå: universit.stip. 1.1.74; tidl.: vit.ass.

Strand, K. A.; nå: vit.ass. 16.4.74.

Dalbebrg, P. S.; nå: vit.ass. 21.5.73.

Inst. for røntgenteknikk:

Nye kandidater i fysikk:

Jan A. Foosnæs, siv.ing. Hovedoppgave: Strukturfysikk. Ny arb.plass: Militære.

Tor E. Kollstad, siv.ing.; Røntgenfysikk; (?).

Egill Hauksson, siv.ing.; Strukturfysikk; Inst. for røntgentekn. (til 21.8.74).

Ny licentiat: Bert K. Sivertsen. Molekyl- og krystallstrukturen til nitrofenyletanoler.

Nyansatt/sluttet: Egill Hauksson: nå: Islands Universitet (fra 1.9.74).

Titler på hovedoppgaver:

Foosnæs: En undersøkelse over diffusjonsinduserte dislokasjoner i Silisium en-krystall.

Kollstad: En undersøkelse over effektene av ionbombardement av prøveoverflaten på form og intensitet av langbølgete røntgenspektra.

Hauksson: Intensitetsfordelingen i transmisjonstopogrammer av perfekte og nesten perfekte en-krystaller.

Nye medlemmer 20/6 1974

Siv.ing. E. Boye, Radiumhospitalet, Montebello, Oslo.

Med.fysiker T. O. Green, Avd. for med. fysikk, Radiumhospitalet, Montebello, Oslo.

Førstelektor B. Gullvåg, Bot. Inst., Norges Lærerhøgskole, Trondheim.

Med.fysiker A. Honne, Avd. for med. fysikk, Radiumhospitalet, Montebello, Oslo.

Forsker A. G. Kjelaas, F. F. I, Kjeller.

Med.fysiker S. G. Levernes, Avd. for med. fysikk, Radiumhospitalet, Montebello, Oslo.

Vit.ass. A. K. Rej, Fysisk Institutt, Norges Lærerhøgskole, Trondheim.

Vit.ass. A. Sandås, Miljølærerprosjektet, Wergelandsveien 15, Oslo.

Reaktorfysiker T. Skardhamar, IFA, Kjeller.

Overing. A. Skretting, Radiumhospitalet, Montebello, Oslo.

Hospitalfysiker S. A. Stafto, Radiumhospitalet, Montebello, Oslo.

Bøker

Forts. fra s. 64

De to siste kapitlene omhandler strøm av ikke-Newtonsk, inkompressibel væske. Kapittel VIII behandler «langsom» strøm slik at væskens tøyningshistorie kan approksimeres med en Taylorrekke i tiden. I denne rekken opptrer de såkalte Rivlin-Ericksen tensorene som koeffisienter. Som eksempel behandles rørstrøm.

Det siste kapitlet er viet stasjonær, viskometrisk strøm, dvs. strøm som kan beskrives som ren skjærstrøm i forhold til et bestemt aksekors som generelt vil være forskjellig fra punkt til punkt i strømmen. For denne type strøm er bare de to første Rivlin-Ericksen tensorene forskjellige fra null, noe som gir matematiske fordeler.

Etter min mening gir denne boken en meget god og moderne innføring i viskoelastisitetsteori og også i viktige områder innen generell kontinuumsmekanikk. Den er ikke nettopp lettlest, da mange detaljer er utelatt og for en stor del overlatt til leseren å finne ut av via de mange ikke-trivielle oppgavene som boken inneholder. Mange vil kanskje også finne den forholdsvis matematisk, f.eks. forutsettes kartetisk indeksnotasjon og dyadisk notasjon kjent.

Boken kan neppe vente noe stort marked i Norge, men for den som er interessert i viskoelastisitetsteori eller generelt i kontinuumsmekanikk, er dette absolutt en bok som kan anbefales. Boken foreligger i paperback av gjennomsnittskvalitet og må på denne bakgrunn sies å være forholdsvis dyr. (D.M. 20,80).

Trond V. Johansen.

A. I. Mal'cev: Algebraic Systems. Springer-Verlag 1973.

Denne boka gir en systematisk presentasjon av den generelle teorien for algebraiske systemer. Et algebraisk system er et trippel $<A, \Omega_F, \Omega_P>$, der A er en mengde, Ω_F er en mengde av operasjoner på A og Ω_P er en mengde av relasjoner på A. Er $\Omega_P = \emptyset$, kalles systemet en *algebra,* og er $\Omega_F = \emptyset$, kalles systemet en *modell.*

Boka er relativt avansert. Fra forordet: «To handle the book, the reader should be conversant with the material in standard university courses in modern algebra and mathematical logic.» Riktignok tas alt «fra bunnen», men det elementære er helt summarisk gjengitt.

Et viktig poeng i boka er sammenhengen og vekselspillet mellom algebra og logikk. Logikken her er 1. og 2. ordens predikatlogikk, der formålet med undersøkelsene hele veien er å utvide kunnskapene om algebraiske systemer. Boka går ganske langt i modellteori, med stoff om ultraprodukter, kategorisitet, modellkompletthet, vanlig kompletthet og sammenhengen mellom disse begrepene.

Ca. en tredjedel av boka handler om varietéer og kvasivarietéer. («Variety» mangler en god norsk oversettelse!) Bokas tyngdepunkt ligger her. Varietéer og kvasivarietéer er definert som klasser av algebraiske systemer som oppfyller bestemte logiske formler av en viss type. Eksempler på varietéer er klassen av grupper, klassen av ringer, klassen av Booleske algebraer. Det viser seg at varietéer og kvasivarietéer kan karakteriseres ved rent algebraiske egenskaper, nemlig slik:

En *kvasivarieté* er en klasse av algebraiske systemer som er.

i) Lukket under dannelse av filtrerte produkter
ii) Hereditær (Dvs. lukket under dannelse av undersystemer)
iii) Inneholder et trivielt system (Dvs. et system med ett element der alle grunn-predikater er sanne).

En *varieté* er en klasse av algebraiske systemer som er:

i) Lukket under dannelse av direkte produkter
ii) Hereditær
iii) Lukket under dannelse av homomorfe bilder.

Selv om de dypeste resultatene i teorien for varietéer for tiden har sammenheng med studiet av undervarietéer av diverse spesielle varietéer som f.eks. gruppene eller ringene, tar boka bare for seg generelle varietéer. Resultatene har likevel «bred anvendelse» i følge forfatteren, og kapitlet om varietéer inneholder en del av hans egne bidrag på området. Det ville imidlertid føre for langt å gå nærmere inn på dette.

Layouten er ikke god. F. eks. er definisjoner bare angitt ved kursiverste ord inne i teksten, noe som gjør det vanskelig å slå opp det en trenger. Men dette kompenseres delvis ved en god stikkordliste og symbolliste med sidehenvisninger. Positivt er det også at hver paragraf ender med et avsnitt «Problems and Complements», noe som alt for ofte savnes i bøker på dette nivået.

Dette er en ren matematikk-bok. Forfatteren nevner ingen anvendelser av stoffet utenom matematikken, verken i fysikk eller på andre områder.

Boka må kunne regnes som meget verdifull for forskere innen generell algebra og grenseområdene mellom algebra og logikk, og kan sikkert også legges til grunn for et hovedfagskurs i matematikk. Den bør finnes i alle matematiske biblioteker som ønsker en respektabel dekning av generell algebra.

Einar Jahr

Roos, Bernhard W.: Analytic functions and distributions in physics and engineering. John Wiley & Sons, Inc., New York – London – Sydney 1969, 521 p.

Boken gir en innføring i matematiske metoder innen kompleks funksjonsteori og distribusjonsteori med anvendelser på forskjellige områder av teoretisk fysikk, f. eks. plasmafysikk, høyenergifysikk, elektrodynamikk, hydromekanikk.

Boken forutsetter elementærkunnskaper i kompleks funksjonsteori, men for å gjøre framstillingen «self-contained» er det i kapittel I gitt et sammendrag av de deler av funksjonsteorien som er viktigst for den øvrige framstilling. Kapittel II omhandler Fourier-transformasjoner, kausalitet og dispersjonsrelasjoner. Kapittel III gir en kort beskrivelse av Wiener-Hopf-teknikken, belyst ved eksempler, såsom randverdiproblemer for Helmholtz-ligningen og vannbølger med liten ampitude. Kapittel IV omhandler randverdiproblemer for stykkevis analytiske funksjoner. Kapittel V gir en kort innføring i teorien for distribusjoner. Kapittel VI og VII gir eksempler på anvendelser henholdsvis i neutrontransportteorien og i plasmafysikken.

Ved vurderingen av boken finner jeg det riktig å legge hovedvekten på pluss-sidene ved stoffvalg og framstilling. Nettopp av den grunn vil jeg først gjøre unna en innvending som noen vil regne som alvorlig. I de stikkprøver der jeg har studert framstillingen noe mer inngående, har det vært nokså generende at begreper ikke alltid er skikkelig definert, at forutsetninger ikke er presisert og at notasjoner av og til brukes på en inkonsistent måte. Forfatteren har riktignok i forordet varslet om at boken ikke er en *lærebok* i kompleks funksjonsteori med anvendelser. Han skriver: «It is definitely applied in nature and is directed to those physicists, engineers and applied mathematicians who are interested in becoming aquainted with the subject, rather than to specialists, although I hope, of course, that the book also will be useful to the latter.»

Dette fritar imidlertid ikke *helt* forfatteren for skyld. Uansett om man er interessert primært i anvendelsene eller i det matematiske grunnlaget, så har man behov for å vite presist hva det dreier seg om til enhver tid.

Forordet viser på den annen side vegen til det som er bokens hovedintensjon, nemlig å gi metoder og anvendelser som sjelden finnes samlet i bokform. Dette er gjort på en måte som vekker interesse og som mer enn kompenserer ergrelsene over den smule gjetning man av og til må ty til som følge av den upresise formen.

Jeg anser boken som en nyttig hjelp både for fysikere og for matematikere med interesse for anvendelser.

H. Waadeland

D. Potter, Computational Physics, John Wiley & Sons, £ 6.95.

«Computational Physics» er nå i ferd med å etablere seg som egen disiplin innen fysikken. Den foreliggende bok er ment å tjene som en innføring i emnet. Ca. 1/3 av boken behandler numeriske beregningsmetoder, resten diskuterer anvendelser på forskjellige problemstillinger.

I en kortfattet innføring i differensmetoder diskuteres en diskret representasjon av kontinuerlige variable, begreper som konsistens, nøyaktighet og stabilitet av differenseapproksimasjoner defineres. Noen differenseapproksimasjoner for vanlige differensialligninger presenteres. I et noe mer omfattende kapittel følger så differenseapproksimasjoner for partielle differensialligninger. De vanligst forekommende differensesjemaer og deres stabilitetsegenskaper diskuteres. Neste kapittel gir en innføring i lineær algebra. Direkte metoder for lineære ligningssystemer nevnes så vidt. Iterative metoder blir behandlet noe mer utførlig. Fouriermetoder for løsning av visse typer differenseligninger (avledet av Poissons ligning) behandles også.

Den resterende del av boken behandler så anvendelser på en rekke vidt forskjellige områder innen fysikken.

En fysiker uten spesielle kunnskaper i numerisk analyse og bruk av datamaskiner vil nok kunne få en forståelse av hva «Computational Physics» går ut på, men heller ikke mer. Der er vanskelige problemer som behandles og fullt utbytte av boken krever etter anmelderens skjønn gode kunnskaper både i numerisk matematikk og erfaring i bruk av datamaskiner.

Tore Håvie

R. Gatto (ed.): Scale and Conformal Symmetry in Hadron Physics, Wiley-Interscience, 1973. 225 s. Pris £ 8.95.

Dette er en samling foredrag presentert ved et uformelt møte ved Frascati i mai 1972, arrangert for å diskutere «Outlook for Broken Conformal Symmetry in Elementary Particle Physics».

Symmetrier spiller en vesentlig rolle innen hadronfysikken. For det første har vi de eksakte geometriske symmetrier, generert av Poincaré-gruppen (gruppen av inhomogene Lorentz-transformasjoner(. Videre har SU (3)- (noen sverger til SU(6) gruppen vært svært nyttig for klassifiseringen av hadroner, og for beskrivelsen av desintegrasjoner. Det ser også ut som om hadronstrømmene grovt tilfredsstiller en algebra (strøm-algebra) generert av SU(3) x SU(3) gruppen.

De siste årene er man blitt oppmerksom på skalasymmetri. Ved høye energier kan man ha prosesser med stor impulsoverføring, dvs. man undersøker vekselvirkningen ved ekstremt små avstander. Det later til at når avstanden blir liten nok, så blir vekselvirkningen uavhengig av avstanden. Denne skala-invarians gjelder både for lepton-nukleon formfaktorer og for inklusive hadron-nukleon tverrsnitt.

Konform symmetri introdusres vanligvis som en naturlig utvidelse av Poincaré-symmetri og skala-symmetri, gruppen består av Poincaré-gruppen, skala-transformasjoner og en spesiell konform transformasjon (inversjon x translasjon x inversjon). Generatorene for gruppen tilfredsstiller O(4,2) algebraen. Dette er en pseudoortogonal gruppe, som kan realiseres lineært i 6 dimensjoner, indeksene (4,2) angir metrikken, man har to tidsaktige vektorer. Det har lenge vært kjent at de frie, masseløse Klein-Gordon-, Dirac- og Weyl-ligningene tilfredsstiller konform invarians, og det er derfor naturlig å nata at kvante-felt-teorien tilfredsstiller konform invarians ved høye energier (små avstander).

I en teori som eksakt tilfredsstiller konform invarians, kan hadronene ikke ha masse, man får «skjelett-teorier». Massene kan man så tilskrive brudd på symmetrien, helt analogt med at brudd på de interne symmetriene gir massejusteringer.

Boken inneholder stort sett nyere forskningsresultater, mye av det nokså spekulativt. Men det er anerkjente navn som spekulerer, her er bidrag bl. a. av Gell-Mann, Leutwyler, Wess, Gatto, Mack, Fubini, Preparata og Kastrup. Gell-Mann diskuterer kvarke-statistikk, viser at med «fargede» kvarker blir desintegrasjonsamplituden for det nøytrale pi-mesonet riktig. Ellers diskuteres konform invarians i relasjon til bl. a. Bjorken- «scaling», Wilson's operator-produkt utvikling, dualitet, astrofysiske modeller, og gravitonets kobling til hadronfeltene.

Boken inneholder mange interessante idéer, men mye av innholdet er vanskelig tilgjengelig for det store flertall av oss som ikke har noen inngående kjennskap til denne del av fysikken. Jeg savner referater fra diskusjonene.

Enkelte matematikere vil kanskje finne boken av interesse, Abel og Lie, hvor er dere?

Per Osland

Patrick M. S. Blackett 1897 — 1974

K. J. Knutsen

Patrick Maynard Stuart Blackett ble født 18. november 1897 og fikk sin grunnutdannelse ved Dartmonth Naval College og i Cambridge. Blackett videreutviklet Wilsons tåkekammer. Det fortelles at C. T. R. Wilson kom på ideen til sitt tåkekammer da han som ung var på toppen av Skottlands høyeste fjell, Ben Nevis og så noen spesielt flotte skyformasjoner. I 1911 var han kommet så langt at han kunne påvise sporet av en alfapartikkel. I 1921 arbeidet Rutherford med Blackett som assistent med å spalte lette atomkjerner ved hjelp av alfapartikler. For å vise alfapartiklens bane før og de resulterende partiklers bane etter støtet måtte man ha et tåkekammer som kunne ta mange bilder. Det var jo ikke så ofte alfapartikkelen traff. Det var en japaner, T. Shimizu, som startet dette arbeidet som senere ble overtatt og fortsatt av Blackett. Kameraet var automatisk og tok bilder hvert femtende sekund. Det ble tatt to bilder fra forskjellig vinkel av hvert spor slik at man kunne bestemme posisjon og rekkevidde av partiklene. Av de 400 000 sporene som ble fotografert i 1924 var det bare 8 som ikke skyltes elastisk støt mellom alfapartiklen og nitrogenkjernen. Det tykke, korte sporet som ble dannet ved siden protonets lange og tynne spor, fant man ut måtte skyldes 0 – 17, og denne isotopen ble da også påvist spektroskopisk like etterpå.

Blackett er også kjent for at han oppdaget positronet i 1932–33 uavhengig av Carl S. Anderson. For å undersøke den kosmiske stråling plasserte han og C. P. S. Occhialini Geigertellere på hver side av et Wilson-kammer som var plassert i et magnetfelt. Kammeret utvidet seg bare når begge tellerne ble truffet samtidig. På denne måten sikret man seg at det bare var spor som skyldtes kosmisk stråling som ble registrert. Det ble registrert en rekke spor, og for noen fås vedkommende fant man at de måtte skyldes en partikkel som hadde samme masse som elektronet, men motsatt og like stor ladning; en bekreftelse på at positronet eksisterte.

Under siste verdenskrig foretok Blackett en grundig analyse av Storbritanias kystforsvar. Det lyder kanskje ikke så merkelig når man vet at Blackett tjenestegjorde i Marinen i første verdenskrig.

Blacket fikk Nobelpris i 1948 «for sine forbedringer av Wilsons tåkekammermetode og de derav følgende oppdagelser innen kjernefysikken og om kosmiske stråler». Som så mange andre fysikere ble Blackett etter krigen regnet som en «fellow-traveller» fordi han ofte ble sitert av russerne når de skulle underbygge deres standpunkter i den kalde krigen. Blackett kjempet for kontroll og eventuelt forbud mot kjernefysisk våpen ved internasjonale overenskomster, og hans uttalelse i New Statesman: «Once a nation pledges its safety to an absolute weapon, it becomes emotionally essential to belive in an absolute enemy» er blitt berømt. Blackett hadde en rekke utmerkelser. Han har vært president i Royal Society og han ble opphøyet i adelstanden (made a life peer) i 1969. Blackett døde 13. juli 1974.

A. Lenard (red.): «Statistical Mechanics and Mathematical Problems». (Lecture Notes in Physics, nr. 20.) Springer-Verlag, Berlin (1973). 246 sider, DM. 22.–.

Denne boka inneholder fem forelesningsserier fra et samarbeidsmøte mellom matematikere og fysikere. Hovedemnet var statistisk mekanikk, et felt som tilbyr matematikere og matematiske fysikere mange utfordringer selv når en begrenser seg til systemer i termodynamisk likevekt. Utfordringene er av to typer: For det første er det uoppklarte grunnlagsproblemer i overgangen fra mekanikk til statistisk mekanikk, for det andre byr beregning av tilstandssummen for et system med et antall variable av størrelsesorden 10^{23} på matematiske problemer av en kvalitativt annen natur enn få-partikkel systemer.

Oscar Landfors artikkel beskjeftiger seg med problemet om å rettferdiggjøre grunnlikningene i statistisk mekanikk. Her benyttes en annen angrepsmetode enn å forsøke å bevise den såkalte ergode-hypotese. Han trekker veksler på at fysisk observerbare størrelser er en spesiell klasse funksjoner av partikkelimpulser og koordinater samt at vi hovedsakelig har interesse av systemer med svært store partikkeltall. Men også denne teorien er ufullstendig.

Naturen som omgir oss er kvantemekaniske systemer av mange partikler som vekselvirker via Coulombkraften. Men denne kraftloven er spesielt vanskelig å håndtere for teoretikere p. g. a. den lange rekkevidden. Det er først i de siste år at de viktigste fundamentale problemer for slike system er løst, og bokas to sentrale artikler rapporterer dette. Dyson og Lenard beviste i 1965 at ethvert elektrisk nøytralt system av positive og negative ladninger er stabilt hvis og bare hvis alle ladninger av ett fortegn er fermioner, og Lenard's gode forelesninger dreier seg om dette nær sagt mirakuløse bevis. Forfatterne av den påfølgende artikkel, Lieb og Lebowitz, gir hovedtrekkene i sitt eget viktige arbeide fra 1969 der de *beviste* at slike systemer har de forventede termodynamiske egenskaper, som at den fri energi er asymptotisk proporsjonal til partikkeltallet. Videre klargjør de hvor store avvik fra elektrisk nøytralitet som kan tolereres for denne ekstensivitetsegenskapen bryter sammen.

De to siste artiklene er mer spesielle. Den svenske matematiske fysiker Martin-Löf analyserer, sammen med Gallavotti og Miracle-Solé, den velkjente todimensjonale Isingmodellen med nytt siktepunkt: De klargjør at lavtemperaturtilstanden i null magnetfelt virkelig består av to atskilte rene faser, og studerer overflatespenning etc. Den siste artikkelen tar for seg et rent matematisk problem i operator-algebra.

Artiklene behandler vanskelige matematiske problemer og krever derfor atskillig av leseren. Stort sett tilrettelegger forfatterne stoffet godt.

Hovedresultatene i boka er av fundamental betydning for alle fysikere i den forstand at våre intuitive oppfatninger om disse emner bekreftes her ved rigorøse bevis. Likevel står de kraftfulle matematiske metoder i sentrum av interessen, og matematiske fysikere vil ha størst utbytte av verket.

P. C. Hemmer

R. W. B. Stephens (editor): Underwater Acoustics. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons Inc.

Boken er i realiteten åtte monografier over sentrale emner innen anvendt undervannsakustikk, alle skrevet av kjente navn innen fagfeltet. God redigering har sikret at viktige aspekter er med, og det er lite av unødvendige overlapninger. Selve fremstillingen er imidlertid sprikende. De fleste forfatterne gir brede beskrivelser av fenomener og empiriske data for lydforplantning i vann. stort sett verbale eller knyttet til enkle formler (som ofte ikke utledes). Disse avsnitt har fyldige og vel oppdaterte henvisninger. Et par av forfatterne sammenfatter hovedsakelig sine egne arbeider på området, med henvisninger som ikke kan sies å være representative. Dette til tross vil boken forsvare en plass blant de etterhvert mange gode bøker innen feltet; i første rekke egnet som en innføring for interesserte som fra før har solid bakgrunn i akustikk eller generell fysikk. Boken er lettlest og oversiktlig og bringer mye praktisk viten om forplantningsforhold i havet og teknologi som anvendes ved kommunikasjon under vann.

Asbjørn Krokstad

Hans-Otto Georgii: Phasenübergang 1. Art bei Gittergasmodellen. (Lecture Notes in physics nr. 16, Springer 1972) 167 sider. DM 18,–.

I fysikken har forenklede modeller alltid spilt en viktig rolle, eller rettere sagt roller: som skjematiserte avbildninger av isolerte deler av naturen, som inspirasjonskilder for å skaffe materiale for fremsettelse av mer vidtrekkende hypoteser, og som kotrollinstanser for generelle utsagn eller for tilnærmingsmetoder. I statistisk fysikk er den tekniske gjennomføring av beregninger av mangepartikkelsystemers egenskaper uhyre komplisert, og på dette felt finnes derfor en rik zoologi av enkle modeller. Georgii's bok er et strengt matematisk verk om såkalte gittergassmodeller der gassvolumet tenkes inndelt i fiktive celler, slik at potensialet mellom hvert par av partikler bare avhenger av hvilke to celler partiklene befinner seg i.

Ved ytterligere spesialisering av vekselvirkningen og med et stort oppbud av matematikk fås hovedresultatet: gittergassen har én og bare én faseovergang, av første orden.

Kort karakterisert anvendes i disse forelesningsnotatene avanserte matematiske metoder med megen finesse og iherdighet på et problem av begrenset fysisk interesse. Framstillingen er tørr og vanskelig tilgjengelig for fysikere. Anmelderen vil ikke anbefale andre enn den glødende interesserte spesialist å gi seg i kast med verket.

P. C. Hemmer

Kjernekraftverk er sikre, sier AEC

Olav Steinsvoll

I en ny rapport, WASH 1400, har den amerikanske atomenergikommisjonen (AEC) behandlet sikkerhetsproblemene i samband med kjernekraftverk. Det er bare forholdene ved tungtvannsreaktorer som er gjennomgått, ikke gasskjølte reaktorer eller formeringsreaktorer. Det har tatt 60 spesialister i området nesten 2 år å utarbeide rapporten, og konklusjonen deres er at konsekvensene av uhell ved kjernekraftverk i de fleste tilfeller er mindre enn de uhell en til nå har vært vant til under vanlige samfunnsforhold, (industriuhell, trafikkuhell osv.). Sjansen for at et kjernekraftverk skal eksplodere og føre til masseutslettelse er like sannsynlig som at en stor meteor skal treffe et byområde, nemlig en treffer pr. million år.

Et stort reaktoruhell vil være en følge av en kjede av hendinger og vil mest sannsynlig begynne som en overoppheting av reaktorkjernen, pga. feil i sikringstiltakene som skal forhindre dette. Opphetningen kan føre til smelting av kjernen dersom andre sikringstiltak slår klikk. Til slutt vil stålbeholderen og betongskjermen rundt reaktoren kunne revne og slippe radioaktivitet ut i atmosfæren. Rapporten sier at en slik kjede av uhell har en sjanse til å inntreffe som er 1/17 000 pr. år for én reaktor.

Det er nå 51 kjernekraftverk i gang i USA og innen 1980 mener en at dette tallet vil dobles. Hvis en betrakter USA som et hele, vil altså et slikt stort reaktoruhell kunne skje en gang hvert 170. år.

Rapporten vil sikkert bli brukt av både forkjempere og motstandere av kjernekraftverk i debatten i Norge også. I USA har allerede Ralph Nader, forbrukernes talsmann, uttalt seg skeptisk til rapporten. Han mener at en slik statistisk analyse ikke er mulig å gjennomføre. Rapporten skal nå kritisk gjennomgås av Union of Concerned Scientists. Risikoen forbundet med framstilling, transport og lagring av reaktorbrensel og radioaktivt avfall blir ikke tatt opp i rapporten.

GYMNASIASTER OG STUDENTER!

Dere kan få

Fra Fysikkens Verden

til redusert pris: kr. 10,— pr. år.

Abonnement kan tegnes enten ved postverket eller ved direkte henvendelse, se ekspedisjonens adresse på siste side.

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim — NTH

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dr. philos. Tormod Riste, Inst. for Atomenergi, Kjeller.

Styre: Professor dr. philos. Arnfinn Graue, Universitetet i Bergen.
Amanuensis Gunnar J. Kvifte, Universitetet i Tromsø.
Dosent dr. philos. Thormod Henriksen, Universitetet i Oslo, Blindern.
Dosent Ivar Svare, Ph.D., Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.

Selskapets sekretær:
Gerd Jarrett, Nøytronfysikkavdelingen,
Institutt for Atomenergi, Boks 40, 2007 Kjeller.

Postgirokonto: 88388 Bankgirokonto: 5102.20.16001

Fra Fysikkens Verden

Redaktør:
Professor dr. techn. Haakon Olsen, Universitetet i Trondheim, Norges lærerhøgskole.
Redaksjonssekretær:
Lab.ing. Halvard Torgersen, Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.
Redaksjonskomité:
Lektor K. Jostein Knutsen
Luftkrigsskolen, Trondheim.
Universitetslektor Wilhelm Løchstøer,
Universitetet i Oslo, Blindern.
Forsker, cand. real. Olav Steinsvoll,
Institutt for Atomenergi, Kjeller.
Dosent Leif Owren, Ph.D., Univ. i Bergen.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN Genéve.

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 15,00. Årsabonnement for studenter og skoleelever kr. 10,00.

Sekretær: Gudrun Græsmann.
Ekspedisjonens adresse: Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim,
Norges lærerhøgskole,
7000 Trondheim.

Postgirokonto: 10472 Bankgirokonto: 8601 236545

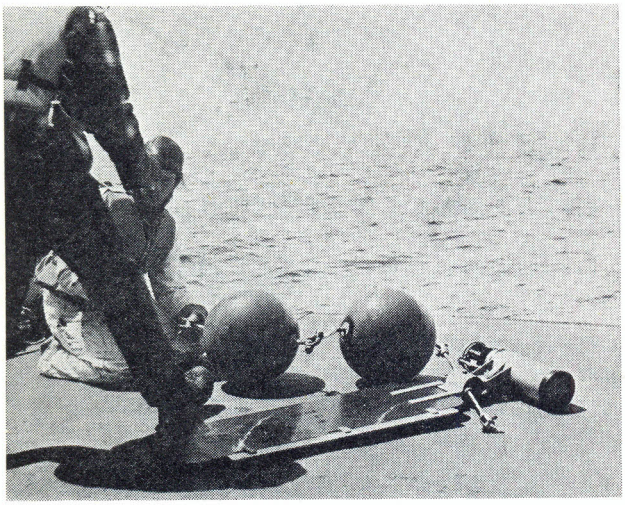


Photo shows RCM 4 current meter and viny floats 2209

RECORDING CURRENT METERS
for ocean currents down to 5000 meters depth.

TEMPERATURE PROFILE RECORDERS
for recording vertical temperature profiles in the sea.

CLIMATOLOGICAL RECORDING STATIONS
Land-based or mounted on buoys.

WATER HEIGHT GAUGES
based on recording hydrostatic pressure.

TAPE READERS for reading magnetic tape from the above instruments.

AANDERAA INSTRUMENTS

DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

FANAVEIEN 13
5050 NESTTUN
NORWAY
TEL.: BERGEN (05) 27 40 30
CABLE HELICON

Aktietrykkeriet i Trondhjem