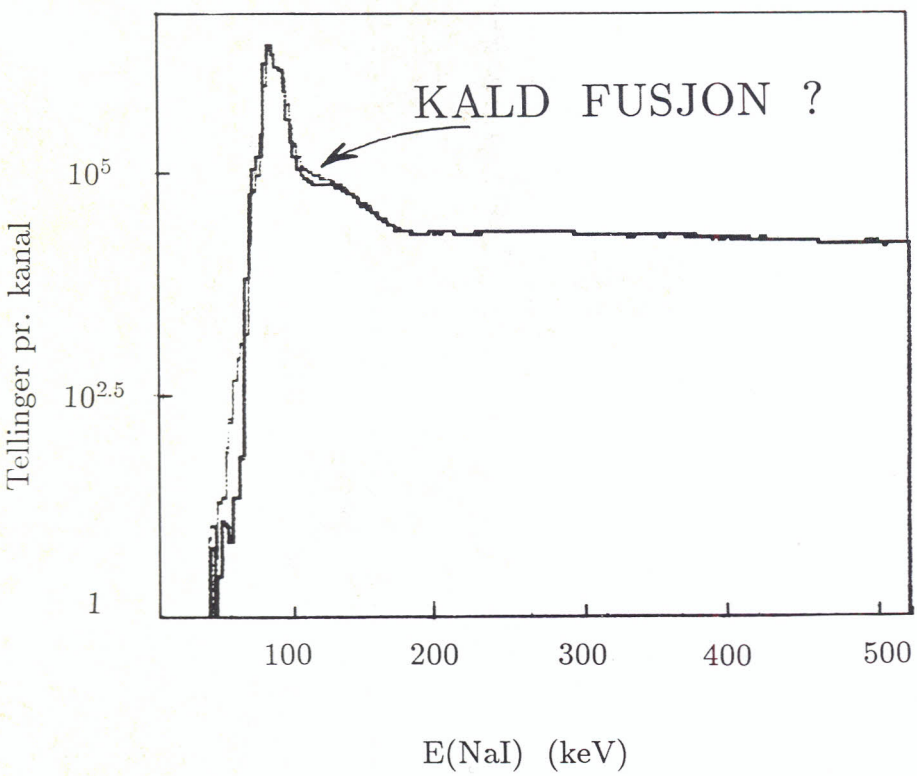
Fra Fysikkens Verden

Nr. 2 - 1989
51. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen



NaI-spektra med og uten elektrolyse av D_2O, målt ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Innhold

Per Even Sandholt:
NORDLYSFORSKNING
mot år 2000 32

Jon Magne Leinaas:
EPR-PARADOKSET,
Bells teorem og Aspects forsøk 36

Ben Mottelson:
Fysikk og Fysikeres ansvar 46

Fra Redaktørene 30
FFV-Panelet: **Jens Feder** 30
Reisebrev 43
Bokanmeldelser 44
Referat fra Rondablikk 1988 48
Referat fra Grenoble 1988 49
Norsk Fysikkråds årsberetning 50
Trim i FFV 50
Nytt fra NFS 51

Kondenserte fasers fysikk
Nye medlemmer

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Siden siste nummer av FFV har store deler av det internasjonale naturvitenskapelige samfunn passert flere nivåer av opphisselse over fenomenet "kald fusjon". I skrivende stund har opphisselsen og entusiasmen passert sitt maksimum, verden er nesten blitt normal igjen. Meldinger og rykter har svirret om hverandre, og forvirringen har vært stor.

Det hele startet rundt 20. mars, da to uavhengige (?) grupper publiserte arbeider der det ble påvist deuterium - deuterium fusjonsprodukter (nøytroner og gammastråling) ved "pakking" av deuterium i palladium.

Palladium er et av flere metall som har ekstremt stor affinitet til hydrogen, og ved elektrolyse av tungtvann vil deuterium trenge inn i katoden dersom den f.eks. er av palladium. Ved forskjellige forsøksbetingelser er det målt stor varmeutvikling, og kombinert med observasjon av stråling ble dette lansert som "kjøkkenveien" til kontrollert fusjon. Det ville bare være for fantastisk om det – etter at en hel vitenskapshær hadde kjempet i 40 år uten å lykkes – skulle komme en David og beseire Goliat med et enkelt kjøkkenbenk-eksperiment.

En rekke laboratorier har forsøkt å gjenta eksperimentet, og selv om rapportene er varierte, ser det ut til at forsøkene utført ved Fysisk institutt i Oslo er representative for de fleste gruppers konklusjoner. Det observeres ørlite grann stråling, men milevidt fra det som skal til for å forklare varmeutviklingen.

Ikke desto mindre er det oppdaget én interessant effekt. Skjønt oppdaget og oppdaget, også her viser det seg at fenomenet har vært studert og vurdert tidligere. Det er indikasjoner på at det finner sted transiente, foreløpig uforklarte fenomener. Det skjer ting i denne prosessen som vi ikke forstår, og som må studeres nærmere.

Elektrolyttisk, kald fusjon fikk en meget uheldig start. De første arbeidene kom alt for tidlig ut, viktige kontrollforsøk var ikke utført, noe som selvfølgelig åpnet for sterk kritikk. Imidlertid er den siste artikkelen på dette området ennå ikke skrevet, og det gjenstår å se hva som kan komme ut av det videre arbeidet. Men uansett hva sluttresultatet blir, kan vi allerede nå trekke et par interessante konklusjoner:

For det første, en idé oppsto og oppsiktsvekkende eksperimenter ble gjort langt utenfor innsatsområder og ferdiglagte planer. Dette skjer gang på gang. De grunnleggende fenomener som er grunnforskningens anliggende, later til å la seg oppdage fullstendig uavhengig av viktige komitéer og politiske beslutninger.

For det andre, og kanskje enda viktigere: når en oppdagelse kan ha store økonomiske konsekvenser, ser det ut til at forskersamfunnets normer og nærmest hellige åpenhet blir skjøvet til side. Hemmelighetskremmeri settes på dagsorden, og forsterket av media på jakt etter sensasjonene svirrer ryktene. Og i kjølvannet følger de personlige konfliktene - og kanskje også tragediene. Denne delen av kald fusjon dramaet har vi heller ikke sett slutten på.

∞

FFV – Panelet: Jens Feder

Orden i kaos – et nytt verdensbilde

Det mekanistiske verdensbilde vi har i dag, der en ved kjennskap til naturlovene kan forutsi utviklingen deterministisk, er iferd med å sprenges. Orden erstattes med kaos, og en ny fraktal geometri beskriver det som er igjen av orden i kaos. Et nytt naturvitenskapelig verdensbilde er i ferd med å dannes og vil endre vårt syn også på andre ikke- naturvitenskapelige forhold.

Naturvitenskapene er egentlig opptatt av å forstå livet, ikke som et filosofisk eller relgiøst spøsmål, men som et naturvitenskapelig fenomen. Vi ser på *livsprosessene* som et naturvitenskapelig fenomen som kan forklares ved fysikk og kjemi.

Men når vi faktisk kjenner naturlovene, hvorfor kan vi da ikke beskrive livet og naturen?

DET ER FOR KOMPLISERT

Selv om vi forstår delene av et system, forstår vi ikke helheten. Ett eksempel er en fiskestim. En stor stim av fisk kan bevege seg som en enhet, hele stimen kan skifte retning på en gang, til tross for at hver enkelt fisk bare kan sanse de nærmeste fiskene i stimen.

Nye fenomener som oppstår ved samspillet av et stort antall enheter - enten det er fisk eller molekyler - kaller vi kooperative fenomener. Det er viktig å være klar over at naturlovene kan ha uventede konsekvenser. Kooperative fenomener er nå relativt godt forstått innen fysikk, og forklarer hvorfor f.eks. vann kan bli til is og damp. Derimot har vi bare en begrenset forståelse av samspillet mellom cellene i mennesker og dyr.

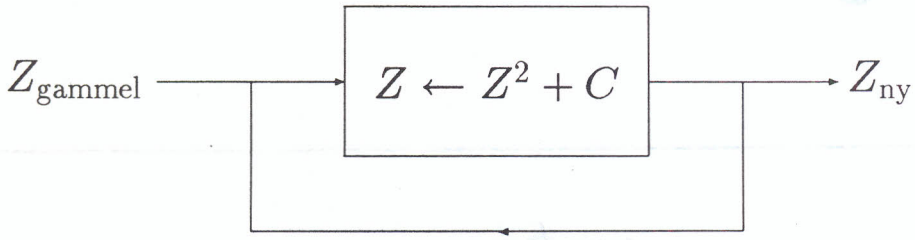
Den nye teorien for deterministisk Kaos oppstod ved studiet av vind- og temperaturvariasjoner. Ut ifra et mekanistisk syn, har vi trodd at været kan varsles: basert på et tett nett av observasjoner har vi tenkt oss at vi med en stor regnemaskin kan regne ut hvordan været skal utvikle seg.

Men den såkalte "sommerfugleffekten" vil forstyrre selv det mest perfekte utgangspunkt. En tilfeldig sommerfugl som beveger sine vinger vil føre til små forstyrrelser i vinden og over tid vil dette påvirke været overalt på jorden.

Edward Lorenz satte i 1961 opp en meget enkel ikke-lineær modell for temperatur og vindvariasjoner, og han fant at nærliggende utgangspunkt gir helt forskjellig utvikling over tid. Han viste også at hans enkle ulineære modell for vær- og klimautvikling førte til det vi nå kaller *kaotisk* oppførsel.

Det er først nå at vi er blitt klar over at ikke-lineære sytemer kan være så følsomme for begynnelses-

betingelsene at lite eller ingenting kan sies presist om deres utvikling. Kaosteorien beskriver slike fenomener.



Denne enkle ulineære avbildningen gir opphav til det mest kompliserte matematiske objekt som hittil er beskrevet; Mandelbrotsettet. Hvis man starter en avbildningen med $Z = 0$, så avhenger det av konstanten C hvordan utviklingen blir. Sluttresultatet er enten at Z vokser ubegrenset eller at Z går mot null. Grensen mellom vekst og minkning er Mandelbrotsettet.

Områdene for C som fører til at avbildningen går mot null, og områdene for hvilke avbildningen går mot det uendelige er flettet inn i hverandre geometrisk på en så utrolig intim måte at grensen ikke kan beskrives ved klassisk geometri. En ny geometri – *Fraktalgeometrien* – kreves for dette.

Euklidsk geometri egner seg utmerket til projeksjonstegning, til å behandle brytning og refleksjon i linser og speil, men er helt utilstrekkelig for å beskrive skyer, bølger landskap og trær. Det er nettopp slike naturformer – som har struktur på alle lengdeskalaer – og de geometriske formene i Mandelbrotsettet, som beskrives ved Fraktal geometri.

Lengden av Norges kyst avhenger av hvilken målestokk vi bruker, den har ikke en veldefinert lengde, og den er selvlik. Det vil si at et forstørret kart over et lite område minner om kartet over hele området.

Fraktal geometri gir en geometrisk beskrivelse av selv-like geometriske former der dimensjonen avhenger av målestokken.

Delene av en sky minner om hele skyen: den er selvlik.

Koch kurven er en enkel matematisk konstruksjon som viser at et endelig areal kan ha en omkrets som er uendelig lang.

Koch kurven som er "kystlinjen" til en øy er karakterisert ved at den har en lengde som er lengre jo mindre målestokk en bruker. I tillegg kan en liten del forstørres og en finner da at den forstørrete delen ser lik ut med originalen. Koch kurven er en enkel matematisk konstruksjon som viser at et endelig areal kan ha en omkrets som er uendelig lang.

Fraktalgeometri beskriver — den forklarer ikke! Vi har hatt et mekanistisk syn. Nå vet vi at et slikt syn er umulig.

Men hvorfor trodde vi at naturlovene virket så godt? Vi kan jo bruke dem til å forutsi måne og solformørkelser!

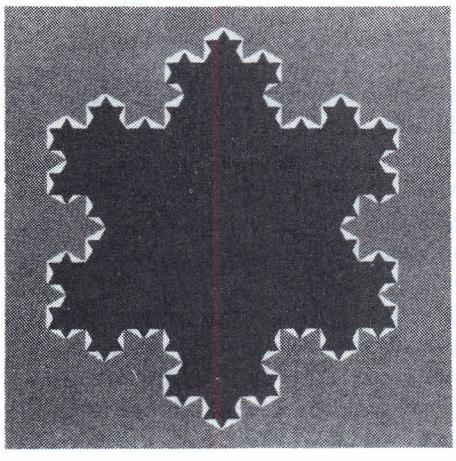
Poenget er at det avhenger av hvilket tidsrom vi betrakter: Vi kan forutsi været over timer, av og til dager, men vi vet alle at det er umulig over år – og vi forstår nå *hvorfor*. Det skyldes delvis *Sommerfugleffekten* og delvis at selv sterkt forenklede ligninger for været leder til kaos.

Sol- og måneformørkelser kan forutsies i hundrevis, ja tusener av år — men ikke i millioner av år.

Vår kunnskap om Universet viser for eksempel at galaksene er fraktalt fordelt i rommet! Massen i universet er ujevnt fordelt, ikke helt tilfeldig, ikke ordnet — men selvlikt og fraktalt!

Det nye er at det finnes enkle systemer som har en så håpløst komplisert oppførsel at den best kan beskrives som *kaotisk*.

I det naturvitenskaplige verdensbilde har vi trodd at vi kan forstå naturen ved hjelp naturlover som beskriver en indre enkelhet og orden i naturen. Vi har ment at problemene med å anvende disse kjente naturlovene på dagligdagse ting har strandet på rent matematiske og praktiske vanskeligheter i anvendelsen av ligningene.



Nå vet vi litt bedre! Det finnes

- Enkle systemer med enkle løsninger
- Kompliserte systemer med enkle løsninger
- Kompliserte systemer med kompliserte løsninger
- Enkle systemer med ubeskrivbart kompliserte løsninger (Kaotisk oppførsel)

Etter at vi ble klar over dette er det funnet mange eksperimentelle systemer som har kaotisk oppførsel.

Det mekanistiske naturvitenskapelige verdensbilde er brutt sammen. Det nye bildet er radikalt forskjellig. Forandringen i det naturvitenskaplige verdensbildet er en omveltning minst like stor som da vi forlot troen på at jorden var flat, eller at jorden var universets sentrum.

Orden og tilfeldighet
determinisme og Kaos
er sider av samme sak
Fraktalgeometri beskriver orden i
Kaos.

Det nye synet er i utvikling og det er ikke modent; nye og spennende oppdagelser gjøres stadig og det vil ta tid før andre vitenskaper og samfunnet rundt oss tar opp i seg denne nyvunne innsikt.

∞

Husk Kontingenten!

Nordlysforskning mot år 2000

P.E. Sandholt *

Nordlysforskningen knyttet til aktiviteten ved Andøya Rakettskytefelt har hatt en sentral plass i norsk romforskning. I framtiden vil tilknytningen til den europeiske romfartsorganisasjonen ESA (Norge fullt medlem fra 1987), utgjøre hovedelementet i norsk romforskning. Hensikten med denne artikkelen er å peke på noen aktuelle problemstillinger for nordlysforskningen i ESA-perspektivet.

ESA-medlemskapet er en stor utfordring for norsk nordlysforskning. Et av de mest aktuelle prosjektene i forhold til nordlysforskningen er det planlagte CLUSTER - eksperimentet. CLUSTER og SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) er basiselementene i ESA's Solar Terrestrial Science Program (STSP) for 1990-årene. Oppskytning er planlagt i 1996. Hovedpoenget med CLUSTER er å kartlegge den finere romlige struktur og dynamikk i magnetosfæren, dvs. plasmaet (ionisert gass) som fyller det nære verdensrom utenfor atmosfæren. Dette vil man kunne gjøre ved å foreta målinger fra fire satellitter i passende avstand fra hverandre ("cluster-konfigurasjon") (jfr. fig. 1 og 2).

Problemet med satellittmålinger i et så uensartet medium som magnetosfæren er at de er punktmålinger langs satellittbanen. Det er således vanskelig å skille mellom rom og tids variasjoner. Samtidige målinger fra fire punkter i rommet er derfor av stor interesse.

Selv om man i romalderen har gjort store framskritt i nordlysforskningen, gjenstår store utfordringer før nordlysets mange gåter er løst (jfr. oversikt 1). Dette gjelder bl.a. de finere strukturer og dynamikken i nordlyset. Hvorfor er enkelte nordlysformer svært skarpt avgrenset og hva er bakgrunnen for forekomsten av multiple strukturer? Videre har man ingen fullstendig forklaring på den karakteristiske oppkrølling av tidligere relativt homogene buer samt bevegelsen av det sentrale aktivitetsområdet (Westward traveling surges) under aktive perioder. Hvilken prosess er det som utløser den aktive fasen, dvs. selve nordlysutbruddet? Til tross for at hovedtrekkene av dynamikken i nattnordlyset ble kartlagt på 60-tallet, har man ingen fullstendig forklaring. Dette bør imidlertid ikke være noen stor overraskelse for den som har observert nordlysets mangfoldige spill på nattehimmelen.

Når det gjelder spørsmålene referert ovenfor eksisterer diverse teorier. Problemet er mangelen på gode nok observasjoner fra rommet slik at man kan teste de aktuelle modellene.

*Fysisk Institutt UiO.

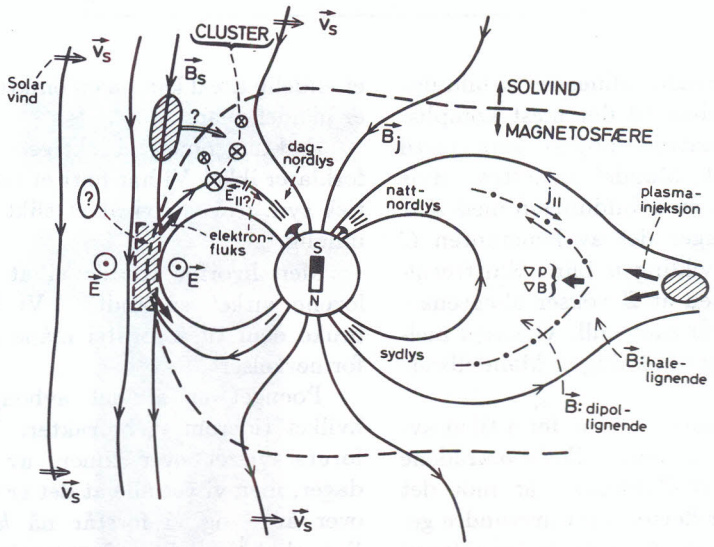


Fig. 1. Magnetfeltgeometri og plasmadynamikk i magnetosfæren og ved grenseflaten mot solvinden (magnetopausen). En aktuell romlig sammenstilling av CLUSTER-satellittene i den ytre polarkløften er indikert.

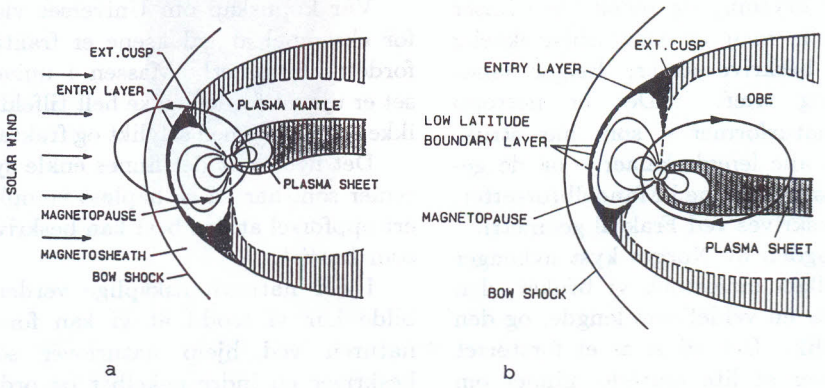


Fig. 2. Planlagte Satelitt–baner gjennom magnetosfæren under CLUSTER eksperimentet.

Plasma–dynamikk

Det man vet om nordlysdynamikken er at den skyldes dynamiske forhold langs magnetfluksrørene som forbinder

ionosfæren (elektrisk ledende lag rundt jorda i nordlyshøyde) med plasmaskyer i magnetosfæren (5-10 jordradiers avstand) (jfr. fig. 3). Ifølge en modell er disse fluksrørene å betrakte som en sluttet strømkrets. Det er her snakk om strømsystemer med vidt forskjellig romlig skala, fra < 1 km til ≈ 1000 km i nord-syd retning i ionosfæren, svarende til henholdsvis de individuelle nordlysformene og hele nordlysovalen. Den følgende diskusjonen referer til strømsystemer knyttet til de skarpe individuelle nordlysstrukturene.

Spenningskilden (generator-delen) til strømkretsen er knyttet til plasmairregulariteter i magnetosfæren. Ionosfæren representerer last-delen av kretsen der energi frigjøres ved Joulsk oppvarming av det resistive mediet. Kinetisk energi frigjøres også langs fluksrøret, mellom ionosfæren og magnetosfæren, i form av akselerasjon av nordlyspartiklene.

Dynamikken av fluksrøret er da et resultat av dynamiske prosesser i både generator-området og i ionosfæren, samt av koblingen mellom disse to områdene. Dersom den elektromagnetiske koblingen langs fluksrøret er god, vil lokale perturbasjoner i den ene enden lett overføres til den andre enden. Slik kommunikasjon (via elektromagnetiske bølger) vil bidra til at fluksrøret fungerer som en enhet. Et lokalt elektrisk spenningsfall (f.eks. et såkalt dobbeltlag) langs fluksrøret kan imidlertid forårsake brudd i kommunikasjonen mellom ionosfæren og magnetosfæren. I hvilken utstrekning en slik frakobling skjer, vet man ikke.

Det er klart at de skarpe nordlysstrukturene forutsetter en lokal akselerasjon av elektron-nedbøren. Om akselerasjonen skyldes lokale elektrostatiske felt langs magnetfeltet ($E_{\parallel}$) er uavklart. Eksistensen av $E_{\parallel} \neq 0$ over noen tid forutsetter en kontinuerlig generering av elektrisk ladning et eller annet sted langs magnetfeltlinjen. Dette kan f.eks. skje i samband med plasmainjeksjoner fra solvinden eller fra magnetosfærehalen på nattsiden av jorda (jfr. fig. 1). Disse plasmainjeksjonene representerer en mulig energikilde for strømkretsen.

Energien transporteres ned til ionosfæren ved elektriske strømmer langs magnetfeltet (Birkelandstrømmer). Selve generatormekanismen er lite kjent. En mulighet er at in-

NORDLYSFORSKNINGEN I 100 ÅR

Kr. Birkeland (~ 1900)	–	katodestråler (elektroner) fra sola
	–	solenergi som frigjøres i atmosfæren
	–	nordlys–stråler ↔ vertikale el.strømmer
C. Størmer (20 – 50 årene)	–	høydebestemmelse av nordlyset
	–	beregning av partikkelbaner
L. Vegard (20 – 50 årene)	–	fargesammensetning (spektroskopi og ionekjemi)
S.–I. Akasofu (60–årene)	–	nordlysdynamikken kartlagt (ikke forklart)
Romalderen (58 –)	–	plasma universet (H > 50 km) utforskes; partikkelpopulasjoner/dynamikk, E, B-felter, partikkelnedbør, bølgefenomener, lys, etc.
Mot år 2000	–	fundamental fysikk og finstruktur i magnetosfæren (kosmisk plasma)
	–	væskeplasma (magnetohydrodynamikk) partikkelplasma (kollisjonsfritt)
	–	hva skjer i generatordelen av nordlys–strømkretsen (dvs. spenningskilden til nordlyset) ?
	–	magnetosfærens grensesjikt: el.magn. kobling,partikkelakselerasjon, etc.
	–	akselerasjon av nordlyspartiklene (2000 – 10.000 km høyde)

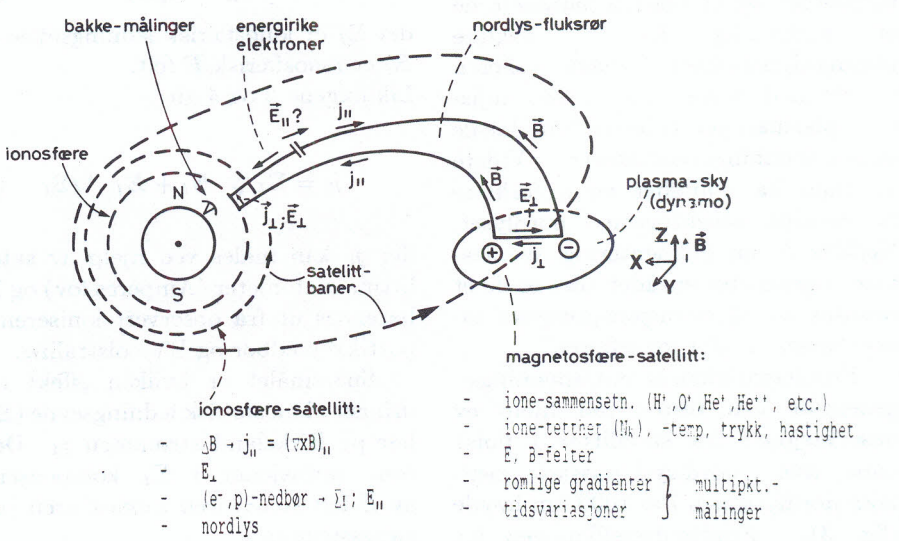


Fig. 3. Prinsippskisse som illustrerer muligheten av in situ målinger fra satellitt i magnetosfæredelen (generatordelen) av magnetfluksrør i nordlyssonen, samt fjernmåling av ionosfæreparametere fra satellitt i polar bane.

jiserte plasmaskyer virker som magnetohydrodynamiske generatorer. Dette håper man å få bedre kjennskap til gjennom CLUSTER - prosjektet. Ved måling av plasma - parameterne (ionesammensetning, tetthet, temperatur, hastighet) i fire nærliggende punkter skulle man være i stand til å bestemme den romlige utstrekning av plasma - irregularitetene samt hvordan dynamoen virker. Er den en tilnærmet ideell spenningskilde eller er utgangsspenningen svært avhengig av strømmen som flyter i kretsen? Den kritiske parameteren i denne sammenheng er den effektive konduktansen i generatorområdet (indre resistans i spenningskilden).

En enkel hydrodynamisk modell for plasmaet i generatorområdet (impulslikning,Ohms lov,Ampères lov) gir følgende uttrykk for generatorstrømmen normalt på både B - feltet (i z - retning) og driften av bakgrunnsplasmaet (y - retning) (Jfr. fig. 3):

$$I_x = \Sigma_G \delta E_x - \frac{l_z}{B_0}\frac{\partial p}{\partial y} \qquad (2)$$

der generatorkonduktansen (Σ_G) er bestemt av plasmatetthet og den romlige dimensjon av plasmairregulariteten. δE_x er den lokale perturbasjonen i E-feltet ($E_x = E_{x_o} + \delta E_x$) i samband med plasma-injeksjonen, og l_z er skalahøyden langs B_0 av generatorområdet (plasmaskyen). Siste ledd på høyre side i (2) representerer diamagnetisk strøm p.g.a. plasmairregulariteten (tetthetsgradienten). Multipunktmålinger av elektriske og magnetiske felt og av plasma-parameterne er nødvendig for å avklare plasma-dynamikken i magnetosfæren og dermed teste teorien om injiserte plasmaskyer (blobs) som lokale strøm/spenningsgeneratorer. Videre vil man ha mulighet til å forklare de multiple strukturene i nordlyset. Skyldes de en filamentering av plasmaet i generatorområdet eller er de et resultat av akselerasjonsprosesser lavere nede, utenfor ionosfæren?

Problematikken strøm/spenningsgenerator kan testes ved hjelp av observasjoner fra satellitter i polar bane, dvs. nord-syd passasje gjennom nordlyssonen i $\approx$ 1000 km høyde (fig. 3). Kontinuitetslikningen for elektrisk strøm gir at tettheten av strøm langs magnetfeltet (Birkelandstrøm) er lik divergensen til den horisontale strømmen som flyter i ionosfæren:

$$j_{\parallel} = -\nabla \cdot \boldsymbol{J}_{\perp} \qquad (3)$$

Ionosfærestrømmen (normalt på B-feltet) er videre gitt ved:

$$\boldsymbol{J}_{\perp} = \Sigma_I \boldsymbol{E}_I \qquad (4)$$

der Σ_I er ionosfærisk ledningsevne og E_I er ionosfærisk E-felt.
Likningene 3 og 4 gir:

$$j_{\parallel} = \Sigma_I \nabla \cdot \boldsymbol{E}_I + \boldsymbol{E}_I \cdot \nabla \Sigma_I \qquad (5)$$

der $j_{\parallel}$ kan måles ved hjelp av satellittmagnetometer (Ampères lov) og Σ_I beregnes ut fra observert ioniserende partikkelnedbør og UV solstråling.

Spørsmålet er hvilken effekt endringer i ionosfærisk ledningsevne (Σ_I) har på Birkeland–strømmen $j_{\parallel}$. Dersom variasjoner i Σ_I kompenseres av E-felt-strukturen i ionosfæren (utgangsspenningen) slik at $j_{\parallel}$ er tilnærmet konstant, fungerer generatoren for strømkretsen som en såkalt strømgenerator. Er de-

Ione–drift i magnetosfæren

Viktigheten av å gjøre målinger i minst fire punkter samtidig kan illustreres ved væskelikningen for hastigheten av ionene i magnetosfæren:

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_0 + \frac{\boldsymbol{B}}{B^2} \times \left\{ \frac{m}{q}\frac{d\boldsymbol{v}_0}{dt} + \frac{\nabla p_{\perp}}{nq} + \frac{p_{\parallel} - p_{\perp}}{nq}(\boldsymbol{b} \cdot \nabla)\boldsymbol{b} \right\} \qquad (1)$$

m = ionemasse
q = ioneladning
n = ionetetthet
p = plasmatrykk
$\boldsymbol{B}$ = jordmagnetfeltet

$$\boldsymbol{v}_0 = \frac{\boldsymbol{E} \times \boldsymbol{B}}{B^2} + v_{\parallel} \cdot \boldsymbol{b}$$

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \boldsymbol{v}_0 \cdot \nabla$$

$\perp$ og $\parallel$ betegner komponentene normalt på og langs magnetfeltet. $\boldsymbol{b}$ er enhetsvektoren langs magnetfeltet. Med fire satellitter kan man i prinsippet beregne gradientleddene i likning 1. Observasjoner har vist at de ulike ionekomponentene kan ha betydelig forskjellige makroskopiske hastigheter. Dette er f.eks. tilfelle ved H^+ injeksjoner fra solvinden, dvs. $v(H^+) >> v(0^+)$, der 0^+-ionene representerer det magnetosfæriske bakgrunnsplasmaet.
Vi merker oss ellers at ladningen inngår i gradientleddene i (1). Dette gir opphav til elektrisk strøm i magnetosfæren. Trykk-gradient-leddet bidrar tidvis til sterke strømmer i strålingsbeltene (Van Allen beltene), som i sin tur forårsaker forstyrrelser i det jordmagnetiske feltet (magnetiske stormer).

Skriv
i
FFV

Studer
FYSIKK

rimot spenningskilden en ideell spenningsgenerator, vil utgangsspenningen være uavhengig av Σ_I. Endringer i ionosfærisk ledningsevne (Σ_I) forårsakes blant annet av årstidsvariasjonene i solinnstrålingen mot atmosfæren. Satellittmålinger gjennom hele året indikerer at generatordelen av små-skala strømsystemene knyttet til skarpe, individuelle nordlysstrukturer fungerer som konstant strøm generator. Dette skulle bety at konduktansen i generatorområdet (Σ_G, jfr. likn. 2) er liten sammenliknet med konduktansen i ionosfæren (Σ_I) og følgelig at den "indre resistansen" i generatoren har en endelig verdi av betydning for elektrodynamikken i systemet. Dette kan sjekkes under CLUSTER - eksperimentet ved observasjon av plasmaparameterne i selve generatorområdet.

Magnetopausen, polarkløften og dagnordlyset

Magnetopausen (grensesjiktet mellom solvinden og magnetosfæren) er kanskje den viktigste diskontinuiteten i magnetosfære-systemet. Siden den markerer en skarp grense mellom to plasma av forskjellig opprinnelse og fysisk karakter (tetthet, temperatur, hastighet og B-felt) er den av betydelig generell interesse. Slike grensesjikt er antatt å være av stor betydning i mange astrofysiske sammenhenger. Magnetopausen er ikke ugjennomtrengelig. Energi, bevegelsesmengde og plasma krysser grenseflaten i begge retninger. Det viktigste spørsmålet er hvordan dette skjer. Hvilken rolle spiller diffusjon og viskositet i impulsoverføringen? Er plasmaoverføringen i første rekke forbundet med en direkte magnetisk forbindelse (magnetisk "merging") mellom de to plasmakomponentene? Eller vil irregulariteter (plasmaklumper) i solvinden trenge gjennom magnetopausen uavhengig av magnetisk kobling? Foregår plasma–gjennomtrengningen på dagsiden hovedsakelig nær ekvatorområdet eller på høyere latityder, dvs. i den ytre polarkløften der magnetfeltet er svakt (jfr. fig. 1)? Hvilke effekter av plasmainjeksjonene kan man observere nede i iono- sfæren, f.eks. i dagnordlyset (jfr. forrige avsnitt)? Skyldes de skarpe strukturene i dagnordlyset lokal partikkelakselerasjon i samband med parallelle E-felt ($E_{\|}$) over atmosfæren? I hvilken grad er dynamikken i dagnordlyset bestemt av plasmaprosesser ved magnetopausen? Svaret på siste spørsmål er bl.a. avhengig av stabiliteten av "nordlysfluksrøret" (jfr. ovenfor). Kan man snakke om et enhetlig fluksrør som forbinder solvinden og den øvre atmosfæren og at solvinden trekker med seg fluksrøret i bevegelsen mot nattsiden av jorda. (jfr. fig. 1)? Plasmainjeksjoner fra solvinden kombinert med overføring av magnetisk fluks fra dag - til nattsiden skulle da manifestere seg i form av individuelle nordlysstrukturer som driver nordover gjennom den polare kløften. Videre skulle denne prosessen være begrenset til perioder da magnetfeltet i solvinden er motsatt rettet av jordfeltet nær magnetopausen på dagsiden, dvs. sydlig rettet interplanetarisk felt. Kombinerte nordlysobservasjoner fra Svalbard, målinger av ionosfæriske E-felt ved hjelp av EISCAT– radaren i Troms, samt satellittmålinger i solvinden indikerer en slik koblingsmekanisme. Observasjoner fra fire satellitter nær magnetopausen vil kunne avklare disse spørsmålene (jfr. fig. 1). Samtidige bakkemålinger av dagnordlyset fra Svalbard vil være av meget stor interesse.

Energi - og plasmatransport gjennom magnetopausen er nøye forbundet med E-felt-strukturen langs denne grenseflaten. Et tilnærmet stasjonært, tangensielt E- felt (rettet mot kveldssiden) er et hovedelement i de fleste eksisterende "merging" modellene av solvind-magnetosfære koblingen (jfr. fig. 1). Målinger fra satellitten ISEE-1 har påvist tangentsielle, stasjonære E-felt med typisk amplityde $\leq$ 1 mV/m. Fluktuerende E-felt med langt større amplityder ble også observert. Dette indikerer at den virkelige magnetopausen er mer irregulær og dynamisk enn den idealiserte strukturen som de fleste teoriene forutsetter. Det stilles i denne sammenheng store forhåpninger til de planlagte E–felt–målingene i CLUSTER-eksperimentet.

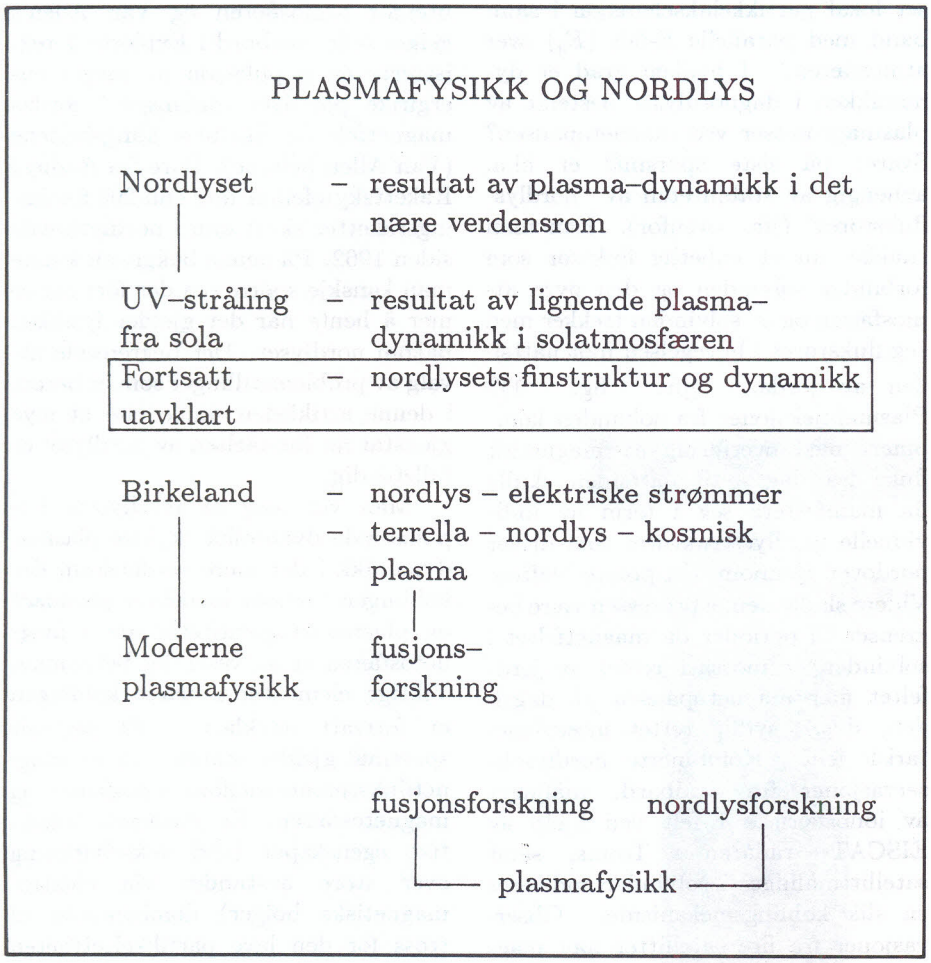
Oppsummering

Det er i år(1988) 30 år siden amerikanerne gjorde de første observasjoner utenfor atmosfæren og Van Allen's geiger-teller ombord i Explorer 1 registrerte en populasjon av meget energirike partikler innfanget i jordas magnetfelt, de såkalte strålingsbeltene (Van Allen beltene). Bare fra Andøya Rakettskytefelt er mer enn 200 forskningsraketter skutt opp i nordlyshøyde siden 1962. På denne bakgrunn kunne man kanskje spørre om det fortsatt er mer å hente når det gjelder fysikken bakom nordlyset. Det begrensede utvalg av problemstillinger som er berørt i denne artikkelen skulle vise at mye gjenstår før forståelsen av nordlyset er fullstendig.

Man vet idag at nordlysets imponerende dynamikk skyldes plasmadynamikk i det nære verdensrom der koblingen mellom ionosfære-plasmaet og plasma-irregulariteter ute i magnetosfæren er av vesentlig betydning. Viktige elementer i denne koblingen er fortsatt uavklart. Et sentralt spørsmål gjelder stabiliteten av magnetfluksrørene mellom ionosfæren og magnetosfæren. Er plasmaets kollektive egenskaper (ved vekselvirkning over store avstander via elektromagnetiske bølger) dominerende til tross for den lave partikkeltettheten i magnetosfæren (stor midlere fri veilengde) slik at væskemodellen kommer til anvendelse også når det gjelder nordlysplasmaet ? Dette kan testes ved flerpunkt- målinger fra magnetosfæren (CLUSTER) og samtidige fjernmålinger av ionosfæren fra bakken.

Dagens modeller av plasmadynamikken er en videreutvikling av Birkelands hypotese om sammenhengen mellom nordlys og vertikale elektriske strømmer (idag kalt Birkeland-strømmer).

Plasmaprosessene i magnetosfæren er av betydelig interesse også utover nordlysproblematikken. Liknede fysiske prosesser er av stor betydning i mange astrofysiske sammenhenger samt i eksperimenteringen med fusjonreaktorer. Plasma-dynamikken i solatmosfæren i samband med solare flares har klare paralleller til nordlysprosessen i magnetosfæren. Et hovedproblem i fusjonsforskningen er å sperre inne et varmt plasma ved hjelp av et magnetfelt. En vanskelighet i denne sammenheng er ustabiliteter som oppstår i et magnetisert plasma med en komplisert magnetfeltgeometri. I Tokamak-eksperimentene har man å gjøre med samme type



ustabilitet (tearing mode) som i magnetosfærens grensesjikt mot solvinden (magnetopausen) kan initiere en lokal magnetisk kobling mellom de to plasmakomponentene (jfr. fig. 1). De senere års observasjoner fra Svalbard har vist at man kan se effekter av denne solvind- magnetosfære-koblingen i dagnordlyset, samt i form av lokale perturbasjoner i det jordmagnetiske feltet.

Hensikten med satellittprosjektet CLUSTER som ESA har planlagt i 1990-årene er å kartlegge finstrukturer og dynamikk i magnetosfæreplasmaet. Dette er nødvendig for å fylle hullene i vår forståelse av nordlyset. Europeisk romforskning/nordlysforskning står således foran store utfordringer og muligheter. Det er opp til det norske miljøet å utnytte disse mulighetene.

∞

EPR-PARADOKSET, BELLS TEOREM OG ASPECTS FORSØK

Jon Magne Leinaas *

Kan kvantemekanikken ansees å gi en fullstendig beskrivelse av den fysiske virkelighet? Dette spørsmålet er utgangspunktet for artikkelen til Einstein, Podolsky og Rosen fra 1935[1]. Og konklusjonen deres er at det ikke kan være tilfelle. En slik konklusjonen er imidlertid i strid med den tradisjonelle oppfatning av kvantemekanikken, først og fremst argumentert for av Niels Bohr. Men forutsetningene for konklusjonen de trekker synes så enkle og innlysende at den problemstilling de presenterer er blitt stående som "EPR-paradokset".

*Fysisk Institutt Universitetet i Oslo.

Motsetningsforholdet og den langvarige diskusjon mellom Einstein og Bohr om kvantemekanikken som en grunnleggende beskrivelse av den fysiske virkelighet er velkjent. Ofte fremstilles Bohr som vinner av denne diskusjonen. Men en del fysikere har vært utilfreds med den beskrivelse av virkeligheten som kvantemekanikken gir, og har forsøkt å finne alternative fremstillinger. Mye av denne virksomheten har vært konsentrert rundt teorier med "skjulte variable". Et viktig bidrag til forståelsen av de begrensninger som ligger i slike teorier ble gitt i en artikkel av John Bell i 1964[2]. Han viste der at teorier med skjulte variable som også tilfredsstiller krav om lokalitet (dvs. hvor målinger på et delsystem ikke kan gi en umiddelbar påvirkning av andre deler av systemet som befinner seg langt unna), gir forutigelser som står i motsetning til det kvantemekanikken forutsier. Dette motsetningsforhold er utgangspunktet for de eksperimenter Alain Aspect og medarbeidere har utført i senere år[3]. Som kjent har disse gitt resultater som underbygger kvantemekanikken og går imot de lokale teorier med skjulte variable.

I denne artikkelen ønsker jeg å gå tilbake til problemstillingen og konklusjonene som trekkes i artikkelen til Einstein, Podolsky og Rosen, og å kommentere den forståelse av EPR-

paradokset som senere er kommet til på bakgrunn av arbeidene til Bell og Aspect. En noe bredere fremstilling av diskusjonen mellom Einstein og Bohr i forbindelse med disse forhold er tidligere gitt av Andås og Gjøtterud[4], og Aspects forsøk er tidligere omtalt av Hans Lütken[5]. (Se også ref.(6) for en mer omfattende populær fremstilling av det aktuelle tema.) Den artikkel som presenteres her er i det vesentlige identisk med et foredrag holdt ved Institutt for fysikk, Norges Tekniske Høgskole og ved Høgskolesenteret i Rogaland i 1988.

Kvantemekanikk og virkelighet

Any serious consideration of a physical theory must take into account the distinction between the objective reality, which is independent of any theory, and the physical concepts with which the theory operates. These concepts are intended to correspond with the objective reality, and by means of these concepts we picture this reality to ourselves.

Dette er det første avsnittet i artikkelen til Einstein, Podolsky og Rosen. Utgangspunktet deres synes ikke spesielt revolusjonerende. Det de insisterer på her er at den fysiske virkelighet må oppfattes som noe som er uavhengig av de teorier som vi formulerer for å forsøke å danne oss et bilde av denne virkeligheten. En slik oppfatning stemmer ikke bare overens med "mannen i gatas" forståelse av virkeligheten omkring oss. De fleste fysikere har nok også stor sympati for et slikt syn. Som filosofisk holdning til tilværelsen finnes det riktignok andre oppfatninger. EPR's oppfatning omtales ofte som "realistisk" og står i motsetning til "positivistiske" virkelighetsoppfatninger. Men mer alvorlig er det at denne oppfatningen synes å være i konflikt med kvantemekanikken, slik den tradisjonelt har vært interpretert av Niels Bohr og hans "København-skole". Konflikten mellom disse to syn er noe de fleste fysikere har lært seg å leve med. Den kvantemekaniske formalisme kan anvendes på konkrete problemstillinger uten å ta stilling til slike "filosofiske" spørsmål om fysisk virkelighet. Men holdningen til Einstein, Podolsky og Rosen var en annen. De ønsket ikke å skyve problemet under teppet, men derimot å fremtvinge en konfrontasjon. På denne måten mente de å kunne vise at kvantemekanikken umulig kunne oppfattes som en teori som ga det fulle bildet av de fysiske fenomenene.

I EPR-artikkelen forsøker de ikke å gi en uttømmende definisjon av hva som menes med "fysisk virkelighet". Men de setter opp et slags minimumskrav som de finner fornuftig:

If, without in any way disturbing a system, we can predict with certainty (i.e. with probability equal to unity) the value of a physical quantity, then there exists an element of physical reality corresponding to this physical quantity.

I tillegg til dette kriteriet for fysisk virkelighet er det en annen forutsetning EPR's argumentasjon bygger på, selv om den ikke er så eksplisitt uttrykt. Det er kravet om lokalitet: Når to systemer har vekselvirket, og så ved et senere tidspunkt befinner seg langt fra hverandre, kan en måling på det ene systemet ikke gi en umiddelbar, fysisk påvirkning på det andre systemet. (Lyshastigheten setter en øvre grense på hvor raskt en slik påvirkning kan overføres.) Ved hjelp av disse forutsetninger viser de så at kvantemekanikkens beskrivelse av et system, ved hjelp av bølgefunksjoner, ikke kan gi en uttømmende beskrivelse av tilstanden til systemet.

Før jeg går nærmere inn på deres argumentasjon, vil jeg minne om noen grunnleggende forhold i kvantemekanikken. For enkelhets skyld, la oss tenke oss at vi studerer en partikkel som beveger seg i én dimensjon (langs x-aksen). Tilstanden til partikkelen er kvantemekanisk beskrevet ved en bølgefunksjon $\Psi(x)$, som er en funksjon med komplekse verdier. Bølgefunksjonen utvikler seg *kontinuerlig* med tiden, når partikkelen ikke er påvirket utenfra, og denne tidsutviklingen er styrt av *Schrödingerligningen*,

$$i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} = H\Psi \qquad (1)$$

der H er systemets Hamiltonoperator.

Kvadratet av bølgefunksjonen, $|\Psi(x)|^2$, interpreteres som en sannsynlighetstetthet. Dvs., størrelsen $|\Psi(x)|^2dx$ gir sannsynligheten for å finne partikkelen i mellomrommet mellom x og $x + dx$, ved en posisjonsmåling. Når partikkelen ved en slik måling er lokalisert, må den umiddelbart etterpå befinne seg i nærheten av målepunktet. Dette innebærer at måleprosessen gir opphav til en *diskontinuerlig* forandring av bølgefunksjonen, i det denne umiddelbart etter målingen må ha form av en sterkt lokalisert funksjon. (Kollaps av bølgefunksjonen.)(Fig. 1)

Hvis $|\Psi(x)|^2$ var å oppfatte som en vanlig (klassisk) sannsynlighetsfordeling, ville en slik diskontinuerlig forandring være uproblematisk å forklare. Målingen gir oss økt informasjon om systemet, og det er denne informasjonen som forandrer seg diskontinuerlig, ikke partikkelens tilstand. I klassisk fysikk kan vi gjøre et klart skille mellom den *virkelige* tilstand, som vi ikke kjenner i detalj, og de *mulige* tilstander, beskrevet av sannsynlighetsfordelingen. Kvantemekanikken, slik den vanligvis interpreteres, tillater imidlertid ikke et slik skarpt skille mellom det virkelige og det mulige. Målingen gir oss ny informasjon om systemet, men samtidig påvirker den det, og disse to sider ved måleprosessen er ikke skilt klart fra hverandre.

EPR-Forsøket

I stedet for å følge EPR's tankeeksperiment fullt ut – dette benytter måling av posisjon og impuls på to korrelerte partikler –, vil jeg følge beslektet versjon [7], hvor en istedet måler på spinnvariablene til partiklene. Anta først at vi studerer én partikkel med spinn 1/2 (f.eks. et elektron). Kvantemekanisk er spinnkomponenten langs z–aksen, S_z, en operator med egenverdier $+(1/2)\hbar$ ("spinn opp") og $-(1/2)\hbar$ ("spinn ned"). De tilhørende egentilstander vil jeg betegne med χ_z^+ og χ_z^-

$$S_z\chi_z^{\pm} = \pm(1/2)\hbar\chi_z^{\pm} \qquad (2)$$

En generell spinn-tilstand er beskrevet ved en lineær-kombinasjon

$$\Psi = c_+\chi_z^+ + c_-\chi_z^- \qquad (3)$$

hvor c_+ og c_- er koeffisienter med $|c_+|^2 + |c_-|^2 = 1$. (Posisjonsvariablene til partikkelen vil vi i det følgende se helt bort fra.) Ved måling av spinnet langs z-aksen vil man enten finne

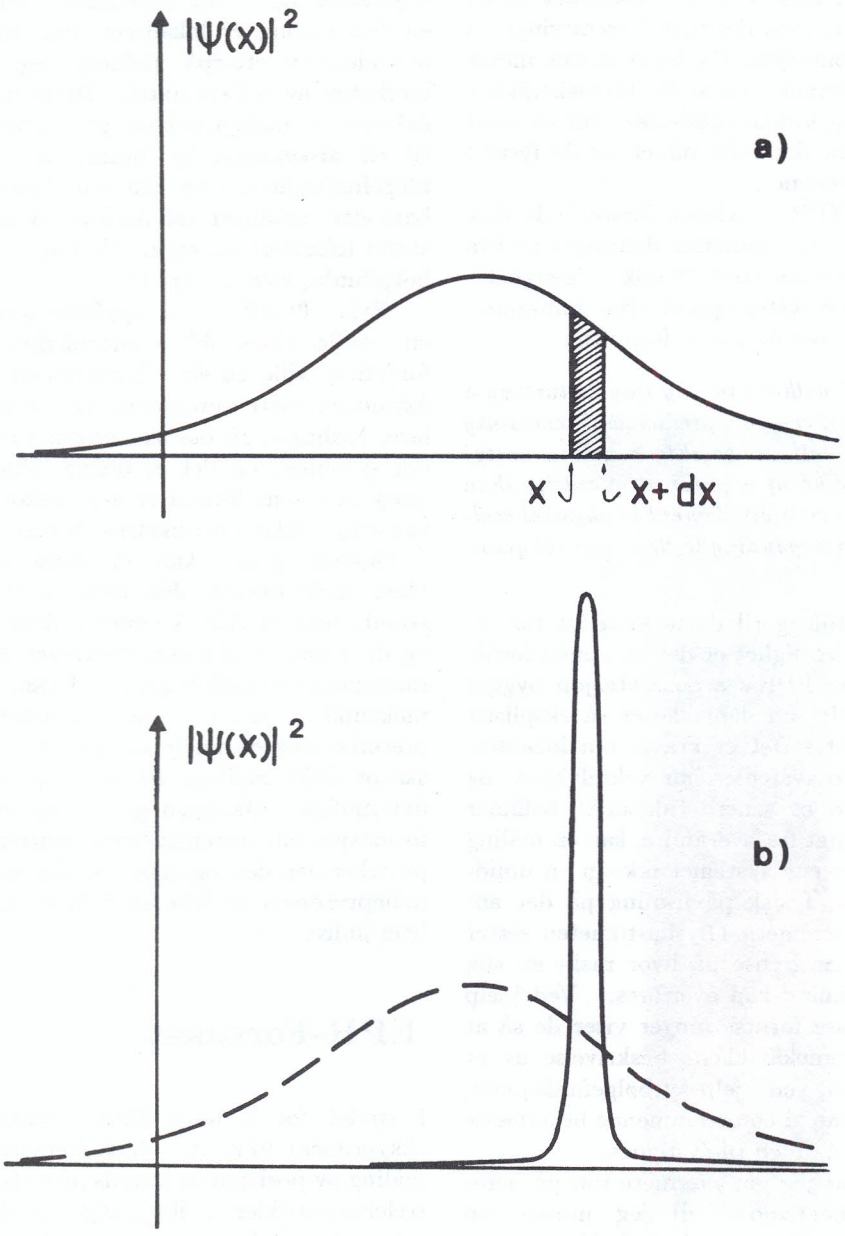


Fig.1.a) Kvadratet av bølgefunksjonen representerer en sannsynlighetsfordeling. Det skraverte areal gir sannsynligheten for å finne partikkelen i intervallet (x,x+dx) ved en posisjonsmåling. b) Kollaps av bølgefunksjonen. Når partikkelen er lokalisert forandres bølgefunksjonen diskontinuerlig til en skarpt lokalisert funksjon.

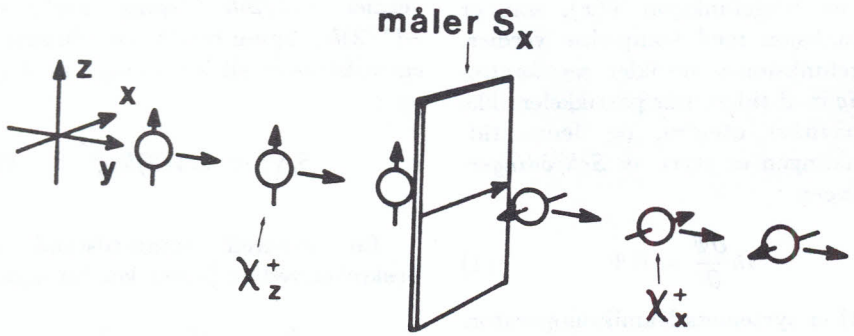


Fig.2. Idealisert spinnmåling. Et elektron med spinn opp langs z-aksen (indikert med pil gjennom partikkelen) passerer en idealisert spinnmåler, representert ved "vinduet" i figuren. Denne måler spinn langs x-aksen (representert ved vindus-pilens retning), og forandrer samtidig tilstanden til enten spinn opp eller spinn ned langs denne aksen.

"spinn opp" (med sannsynlighet $|c_+|^2$) eller "spinn ned" (med sannsynlighet $|c_-|^2$).

Hvis partikkelen befinner seg i tilstanden χ_z^+ vil spinn opp måles med sannsynlighet 1. I følge EPR's kriterium vil spinn opp langs z-aksen ha "fysisk virkelighet" for partikkelen i denne tilstand. La oss nå uttrykke denne tilstanden ved egentilstandene for spinn langs en annen akse (x-aksen). Vi har følgende sammenheng

$$\chi_z^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}(\chi_x^+ + \chi_x^-) \qquad (4)$$

og sannsynligheten for spinn opp og spinn ned langs x-aksen er derfor begge på 50% . Spinnet langs x-aksen tilfredsstiller dermed ikke EPR's (minimums-) kriterium for fysisk virkelighet. Men kvantemekanikken, slik den vanligvis fortolkes, går lenger. Den sier at spinnet langs x-aksen i dette tilfelle ikke har noen (virkelig) verdi. Det er denne fortolkning Einstein, Podolsky og Rosen ønsker å utfordre med sitt tanke-eksperiment.

La oss tenke oss at vi foretar en (idealisert) måling av x- komponenten til spinnet når partikkelens tilstand er χ_z^+ (fig. 2). Hvis målingen gir spinn opp som resultat, vil tilstanden samtidig forandres til χ_x^+. Og tilsvarende, hvis målingen gir spinn ned, vil tilstanden forandrers til χ_x^-. I begge tilfeller vil spinnet langs x-aksen, etter målingen, tilfredsstille EPR's kriterium for fysisk virkelighet. Hvis denne spinnkomponenten ikke var "virkelig" også før målingen, må det ha foregått en *reell* forandring av partikkelens spinn under målingen. En mulig forklaring av denne forandring er at det har foregått en (ukontrollerbar) påvirkning av partikkelen fra måleapparatet under måleprosessen. Men det EPR viser i sitt tankeeksperiment er at en slik forandring kan også foregå *uten* noen vekselvirkning mellom partikkel og måleapparat.

EPR benytter i dette eksperimentet et par av partikler som befinner seg i en *korrelert* tilstand. La meg betegne spinntilstandene for partikkel 1 med χ og for partikkel 2 med Φ. *Singlett-tilstanden*

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{2}}(\chi_z^+\Phi_z^- - \chi_z^-\Phi_z^+)$$
$$= -\frac{1}{\sqrt{2}}(\chi_x^+\Phi_x^- - \chi_x^-\Phi_x^+) \qquad (5)$$

er en slik korrelert tilstand. Totalspinnet til denne er S=0. Hvis vi måler på partikkel 1 finner vi med 50% sannsynlighet spinn opp, og den samme sannsynligheten er det for spinn ned. Dette gjelder samme hvilken akse vi velger å måle spinnet langs. Men hvis en slik spinnmåling på partikkel 1 gir spinn opp, vil vi med sannsynlighet 1 forutsi måleresultatet spinn ned for måling av spinnet til partikkel 2 langs den samme akse. En spinnmåling på partikkel 1 virker på denne måten som en spinnmåling også på partikkel 2.

EPR-eksperimentet kan nå tenkes gjennomført på følgende måte: En kilde sender ut par av korrelerte partikler med spinn i singlett tilstanden. De kan tenkes utsendt i motsatte retninger og fjerner seg raskt fra hverandre, slik at enhver vekselvirkning mellom partiklene opphører etter kort tid. Ved et noe senere tidspunkt møter så partikkelen som går i den ene retningen (partikkel 1) en spinnmåler. Hvis denne er rettet langs z-aksen, vil målingen gi enten spinn opp eller spinn ned langs denne retningen, og samtidig forandre spinntilstanden til χ_z^+ eller χ_z^-. På grunn av korrelasjonen mellom partiklenes spinn, når disse er i singlett-tilstanden, vil imidlertid målingen virke som en spinnmåling også på partikkel 2. Spinntilstanden til denne partikkelen vil dermed forandres til enten Φ_z^- eller Φ_z^+, uten at måleapparatet vekselvirker med denne partikkelen. (Fig. 3)

(I parentes bør det her bemerkes at det ikke i og for seg er noe mystisk med korrelasjoner over avstand, og ved at måling på en del av et system med korrelasjoner samtidig virker som en måling på andre deler av systemet som ligger langt unna. Slike situasjoner har vi også i klassisk fysikk. Men poenget her er at det i slike situasjoner ikke foregår noen *påvirkning* av delsystemet som ligger langt unna. Målingen gir bare økt informasjon om det. En lignende konklusjon er det EPR ønsker å trekke også om kvantemekaniske systemer. Men det er det som er uforenlig med den vanlige fortolkning av kvantemekanikken.)

Tilbake til EPR-eksperimentet: Etter spinnmålingen på partikkel 1 befinner begge partiklene seg i tilstander med veldefinert spinn langs z-aksen. De tilfredsstiller dermed begge EPR's krav til fysisk virkelighet. Målingen på partikkel 1 kan ha påvirket denne partikkelens spinn, men siden måleinstrumentet ikke vekselvirker med partikkel 2, kan målingen ikke ha forandret denne partikkelens spinn. Det synes derfor naturlig å slutte at partikkel 2's spinn langs z- aksen må ha vært veldefinert (men ukjent) også før målingen.

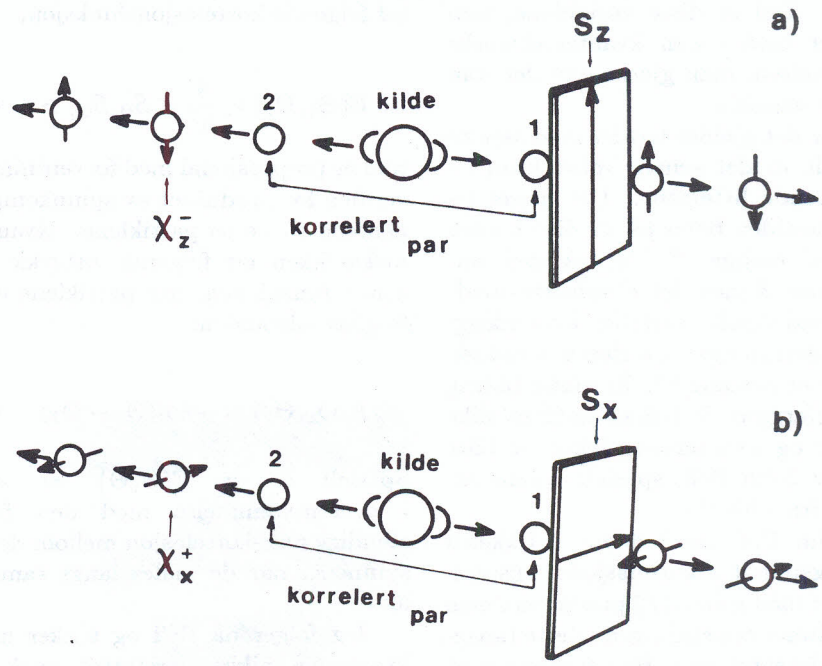


Fig.3. Spinnmåling på korrelerte elektron-par. Partiklene sendes ut i motsatte retninger fra en kilde, og en av dem (partikkel 1) passerer en spinnmåler. Målingen forandrer spinn-tilstanden, slik at både partikkel 1 og partikkel 2 får veldefinert spinn langs måleaksen . Ved å velge enten z-aksen (a) eller x-aksen (b) som retning på måleren, vil man fritt kunne gi veldefinert verdi til enten z- eller x- komponenten til partikkel 2's spinn, og det uten uten at måleren vekselvirker med denne partikkelen.

Konflikten med den vanlige fortolkning av kvantemekanikken blir helt klar hvis vi nå tenker oss at det samme eksperimentet gjennomføres på nytt, men nå med spinnmåleren langs x-aksen. Det samme gjentar seg, men målingen overfører nå partiklene til tilstander med veldefinert spinn langs x-aksen. I dette tilfelle er det altså spinnet langs x- aksen som tilfredsstiller EPR's krav til fysisk virkelighet. Dette innebærer at vi ved å innrette spinnmåleren på partikkel 1 enten langs z-aksen eller langs x-aksen kan avgjøre om det er spinnkomponenten til partikkel 2 enten langs z-aksen eller langs x-axsen som skal bli "fysisk virkelig". Samtidig vet vi (utfra kravet om lokalitet) at målingen på partikkel 1 ikke kan gi noen virkelig forandring av spinnet til partikkel 2. Den naturlige slutning må da bli at partikkel 2 i virkeligheten hadde veldefinert spinnkomponent både langs z-aksen og langs x-aksen før målingen, men at bølgefunksjonen (dvs. singlett-tilstanden Ψ) ikke ga den fulle informasjon om verdiene til disse. Dette er da også konklusjonen til Einstein, Podolsky og Rosen. Men dette står i klar motsetning til den tradisjonelle interpretasjon av kvantemekanikken: Siden S_z og S_x ikke er kompatible størrelser (ikke svarer til kommuterende operatorer) kan disse størrelsene ikke samtidig ha veldefinerte verdier.

Skjulte variable og Bells teorem

Artikkelen til Einstein, Podolsky og Rosen avsluttes med følgende avsnitt:

While we have thus shown that the wave function does not provide a complete description of the physical reality, we left open the question of whether or not such a description exists. We believe, however, that such a description is possible.

Deres konklusjon er altså at kvantemekanikken ikke gir en fullstendig beskrivelse av den fysiske virkelighet. Samtidig antyder de at det må være mulig å finne en slik beskrivelse. En slik beskrivelse må inneholde nye og ukjente variable for å kunne spesifis-

ere alle de målbare størrelser hos systemet. Det er disse variablene, som ikke er med i den kvantemekaniske beskrivelsen, man gjerne omtaler som skjulte variable.

Når det gjelder teorier med skjulte variable er det senere vokst fram en omfattende litteratur. Det finnes på den ene siden bevis på at slike teorier ikke er mulige [8], og på den andre siden finnes det eksplisitte modeller med skjulte variable, hvor riktignok påvirkninger overføres umiddelbart over avstand [9]. Et viktig bidrag til å klargjøre forholdet mellom slike teorier og kvantemekanikken er blitt gitt av John Bell, spesielt i hans artikkel fra 1964 [2].

John Bell tar i denne artikkelen utgangspunkt i korrelasjons- eksperimentet med spinn-1/2 partiklene, men modifiserer oppstillingen i dette tankeeksperimentet noe. Han tenker seg at man foretar spinnmålinger på begge partiklene, men langs akser som kan roteres fritt i forhold til hverandre (fig. 4). Det er spinn-korrelasjoner som funksjon av den relative vinkel mellom de to aksene som blir studert.

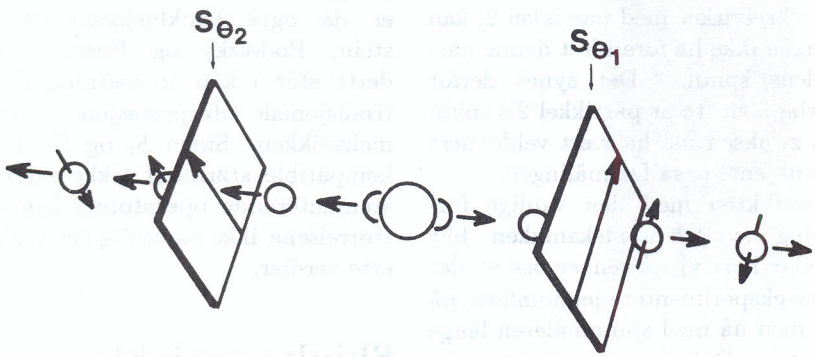


Fig.4. Spinnmålinger i Bells modifiserte EPR-eksperiment. Spinnet til korrelerte par måles langs akser som kan roteres fritt i forhold til hverandre.

La meg med S_Θ betegne spinnkomponenten langs en akse som er rotert i x,z-planet,

$$S_\Theta = S_z \cos\Theta + S_x \sin\Theta \qquad (6)$$

Med partiklene i singlett-tilstand vil forventningsverdien for denne størrelsen, ved måling enten på partikkel 1 eller på partikkel 2, være

$$< S_{\Theta_1} >=< S_{\Theta_2} >= 0 \qquad (7)$$

siden det i enhver retning er like stor sannsynlighet for å måle spinn opp og spinn ned. Mer interessant er imidlertid følgende korrelasjonsfunksjon,

$$E(\Theta_1, \Theta_2) = \frac{4}{\hbar^2} < S_{\Theta_1} S_{\Theta_2} > \qquad (8)$$

som er proporsjonal med forventningsverdien for produktet av spinnkomponentene til de to partiklene. Kvantemekanikken gir følgende uttrykk for denne funksjonen, når partiklene er i singlett-tilstanden:

$$E(\Theta_1, \Theta_2) = -\cos(\Theta_1 - \Theta_2) \qquad (9)$$

Spesielt er da $E(\Theta, \Theta) = -1$, i overensstemmelse med den fullstendige anti-korrelasjon mellom de to spinnene, når de måles langs samme akse.

Jeg følger nå Bell og tenker meg kvantemekanikken erstattet med en "realistisk" og "lokal" teori, i den retning som antydet av EPR. Resultatet av en spinnmåling på partikkel 1 er da entydig bestemt av en (ukjent) funksjon $A_1(\Theta_1, \lambda)$, som avhenger av én eller flere ukjente (skjulte) variable λ. Sammenhengen med spinnet kan tenkes gitt ved

$$S_{\Theta_1} = \frac{\hbar}{2} A_1(\Theta_1, \lambda) \qquad (10)$$

og for å få overensstemmelse med at verdien på S_{Θ_1} er begrenset til $\pm(\hbar/2)$, kan funksjonen A_1 bare anta de diskrete verdiene

$$A_1(\Theta_1, \lambda) = \pm 1 \qquad (11)$$

Forutsetningen om lokalitet er bygget inn ved at A_1 ikke avhenger av variabelen Θ_2 som er knyttet til måling på partikkel 2. For denne partikkelen har vi en tilsvarende funksjon $A_2(\Theta_2, \lambda)$, men forutsetningen om fullstendig anti-korrelasjon mellom spinnene til de to partiklene gir

$$A_2(\Theta, \lambda) = -A_1(\Theta, \lambda) \equiv -A(\Theta, \lambda) \qquad (12)$$

Verdien til variabelen (eller variablene) λ er ikke kjent ved måling på spinnene, og den (de) må derfor påvirke forventningsverdiene gjennom en (uspesifisert) sannsynlighetsfordeling $\rho(\lambda)$. Spesielt har vi for spinnkorrelasjonsfunksjonen $E(\Theta_1, \Theta_2)$,

$$E(\Theta_1, \Theta_2) = \int d\lambda \rho(\lambda) A_1(\Theta_1, \lambda) A_2(\Theta_2, \lambda) = -\int d\lambda \rho(\lambda) A(\Theta_1, \lambda) A(\Theta_2, \lambda) \qquad (13)$$

hvor λ her er behandlet som en kontinuerlig variabel, uten at dette er vesentlig. Ved hjelp av dette uttrykket utleder Bell den ulikhet som er hovedresultatet i hans artikkel. Utregningen er fort gjort, og vi tar den med,

$$\begin{aligned} E(\Theta_1, \Theta_2) - E(\Theta_1, \Theta_3) &= \\ -\int d\lambda \rho(\lambda) &[A(\Theta_1, \lambda) A(\Theta_2, \lambda) - \\ & A(\Theta_1, \lambda) A(\Theta_3, \lambda)] \\ = \int d\lambda \rho(\lambda) &A(\Theta_1, \lambda) A(\Theta_2, \lambda) \\ & \times [A(\Theta_2, \lambda) A(\Theta_3, \lambda) - 1] \end{aligned} \qquad (14)$$

hvor vi her har utnyttet at $A^2 = 1$. Utnytter vi i tillegg at $|A(\Theta_1, \lambda) A(\Theta_2, \lambda)| \leq 1$, finner vi

$$|E(\Theta_1, \Theta_2) - E(\Theta_1, \Theta_3)| \leq 1 + E(\Theta_2, \Theta_3) \qquad (15)$$

Dette er Bells ulikhet.

Jeg vil ta med Bells ulikhet i en noe forenklet form. La meg da anta at funksjonen $E(\Theta_1, \Theta_2)$ bare avhenger av den relative vinkel $\Theta_1 - \Theta_2$, og at den øker monotont med denne vinkel i intervallet $(0, 180^0,)$. Dette er krav som er tilfredsstillt for den kvantemekaniske funksjon $E(\Theta_1, \Theta_2)$. Hvis følgende funksjon blir innført:

$$P(\Theta) \equiv (1/2)(E(\Theta) + 1), \qquad (16)$$

utleder vi fra (15) følgende ulikhet:

$$P(2\Theta) \leq 2P(\Theta) \quad for(\Theta \leq 90^0) \qquad (17)$$

Denne ulikheten kan vi sammenligne med hva kvantemekanikken sier.

For funksjonen $P(\Theta)$ gir kvantemekanikken følgende uttrykk:

$$P(\Theta) = \sin^2(\Theta/2) \qquad (18)$$

La oss forsøke med vinkelen $\Theta = 60^0$:

$$P(60^0) = 1/4, P(120^0) = 3/4 \qquad (19)$$

Vi har definitivt *ikke* oppfylt ulikheten (17) i dette tilfelle. Dermed er en klar motsetning etablert mellom kvantemekanikkens forutsigelser og det som kan tillates av en lokal teori med skjulte variable.

Det som er bemerkelsesverdig - og spesielt interessant - ved Bells ulikhet er at den bare bygger på helt generelle krav til teoriene. Den er dessuten direkte relatert til målbare forhold. Konflikten mellom de lokale teorier med skjulte variable og kvantemekanikken kan dermed avgjøres ved å gjennomføre spinnkorrelasjonseksperimentet som et virkelig eksperiment. Ved tilstrekkelig stor nøyaktighet vil et slikt eksperiment kunne skille mellom de to typer teorier. (I prinsippet ville faktisk begge de to teorier kunne avvises av eksperimentet.) Dette er noe av bakgrunnen for de eksperimenter som har vært gjennomført av Aspect og medarbeidere.

Bells ulikhet illustrert på en tenkt måleserie

Før jeg går videre vil jeg dvele litt ved Bells ulikhet. Det var raskt å finne frem til den ut fra kravene til forventningsverdiene $E(\Theta_1, \Theta_2)$. Men for å få en bedre forståelse av hva som ligger i ulikheten, kan det være illustrerende å sette den mer direkte i sammenheng med måleresultatene ved serier av spinnmålinger på korrelerte par av partikler. (Se også ref.[6].)

I fig. 5 er det vist 4 serier med spinnmålinger (A-D) for forskjellige valg av vinklene Θ_1 og Θ_2. Ved en måleserie er det følgende størrelser som er interessante: n_+ er antallet målinger som gir enten spinn opp eller spinn ned på begge partikler i et korrelert par, mens n_- er antallet målinger som gir spinn opp på den ene og spinn ned på den andre partikkelen. Summen, $N = n_+ + n_-$, gir antall målinger i måleserien. For et stort antall målinger N forventer vi følgende relasjon,

$$P(\Theta) \approx n_+/N \qquad (20)$$

Vi tenker oss nå måleserie A i figuren som resultatet av et virkelig gjennomført eksperiment med spinnmålerne orientert langs samme akse ($\Theta_1 = \Theta_2 = 0$). Måleserien for partikkel 1 (s_1) viser like stor hyppighet av spinn opp som spinn ned, og det samme gjelder måleserien for partikkel 2 (s_2). Men det typiske her er at spinn opp for den ene partikkelen er strengt korrelert med spinn ned for den andre. Det betyr at vi har $n_+ = 0$ og $n_- = N$.

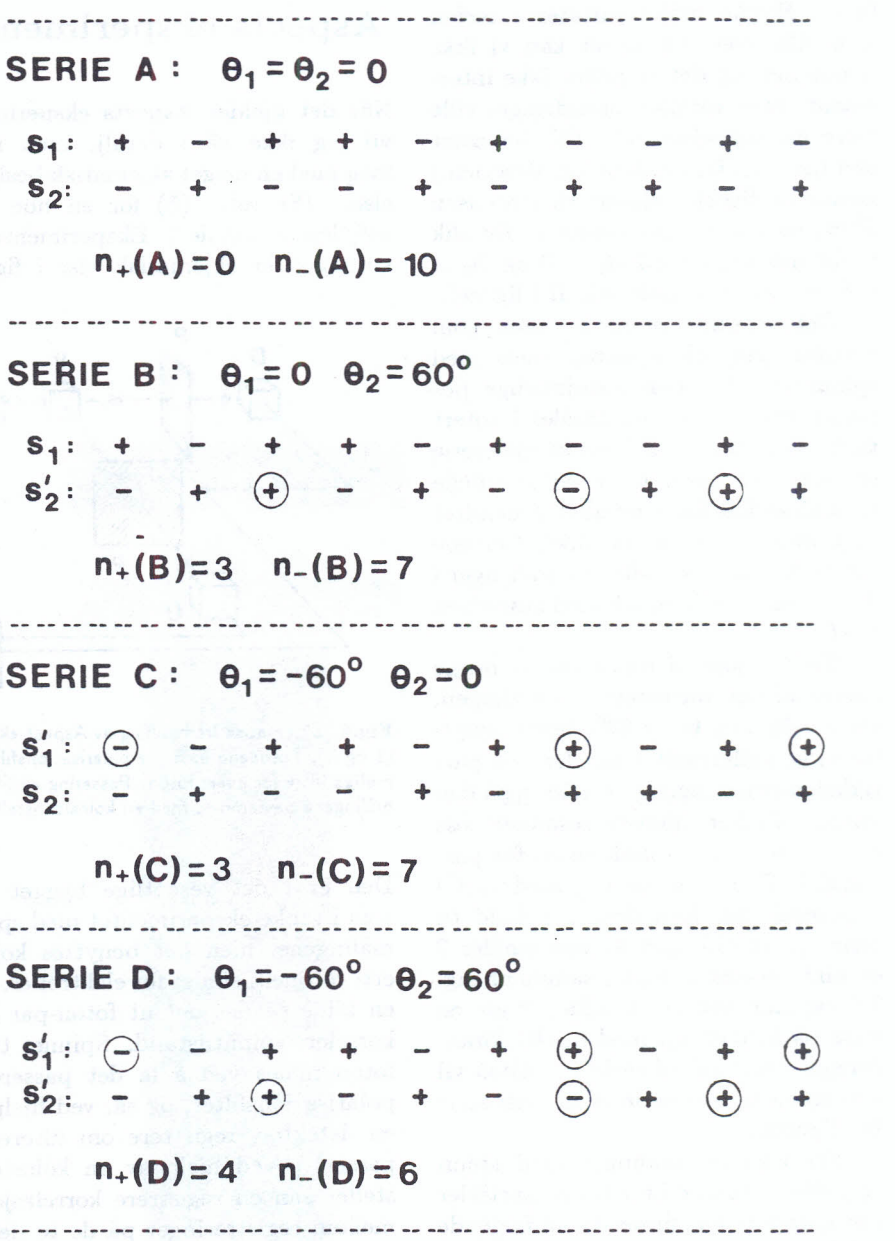


Fig.5. En tenkt måleserie i Bells EPR-eksperiment for fire forskjellige innstillinger av spinnmålerne. + svarer til måleresultatet "spinn opp" og - til "spinn ned". Resultatene rett over hverandre i en serie svarer til måling på et korrelert par. Resultater som er forandret i seriene B,C og D, sammenlignet med serie A, er sirklet inn.

I det følgende vil jeg gjennomføre noen resonnementer omkring denne måleserien. Det forutsettes at måling på den ene partikkelen ikke kan ha noen som helst påvirkning på den andre partikkelen (kravet om lokalitet). La oss tenke oss at det samme eksperimentet som beskrevet i måleserie A ble gjennomført med $\Theta_1 = 0$, men med spinnmåleren for partikkel 2 rotert til $\Theta_2 = 60^0$. Hva ville resultatet da ha vært? Utfra forusetningen om at måling på partikkel 2 ikke påvirker partikkel 1, må vi kunne slutte at måleserien for partikkel 1 ville vært den samme som den opprinnelige måleserien (s_1). Men måleserien for partikkel 2 ville vært noe forandret

(s_2'). Hvilke måleresultater i serien som ville vært forandret kan vi ikke si noe om, og det er heller ikke interessant. Men antallet forandringer ville være lik størrelsen n_+. (Vi betegner den med $n_+(\mathrm{B})$ for denne måleserien.) Denne er direkte relatert til størrelsen $P(\Theta)$ som vi er interessert i. En slik tenkt måleserie med $\Theta_1 = 0$ og $\Theta_2 = 60^0$, er vist som måleserie B i figuren.

Det samme resonnementet som ovenfor kan nå gjentas, men med spinnmåler 2 i den opprinnelige posisjon, $\Theta_2 = 0$, og spinnmåler 1 rotert til $\Theta_1 = -60^0$. En slik tenkt måleserie er vist som serie C. I dette tilfelle er måleserien for partikkel 2 uendret (s_2), men serien for partikkel 1 er noe forandret (s_1'). Antallet forandringer i denne serien er identisk med størrelsen $n_+(\mathrm{C})$.

Til sist kan vi tenke oss at begge spinnmålerne var rotert ved målingen, $\Theta_1 = -60^0$, og $\Theta_2 = 60^0$. Igjen benytter vi at måleresultat for den ene partikkelen er uavhengig av måling på den andre: Vi har allerede resonnert oss frem til formen på måleserien for partikkel 1. Den ser ut som s_1', med $n_+(\mathrm{C})$ måleresultater forandret i forhold til serie s_1. Instillingen av spinnmåler 2 er uinteressant i denne sammenheng. Tilsvarende vet vi at måler 2 gir en serie på formen s_2', med $n_+(\mathrm{B})$ forandringer i forhold til serie s_2. Altså vil den samlede måleserie se ut som serie D i figuren.

For antallet målinger med spinn opp eller spinn ned for begge partikler i et korrelert par finner vi nå følgende ulikhet:

$$n_+(D) \leq n_+(B) + n_+(C) \qquad (21)$$

Ved hjelp av figuren ser vi lett hvordan denne ulikheten fremkommer: Størrelsen $n_+(\mathrm{D})$ kan maksimalt være lik summen av forandringer i seriene s_1' og s_2'. Men i enkelte tilfeller vil begge måleresultater for et og samme par være forandret. Disse vil fortsatt opptre med motsatt spinn og vil ikke gi bidrag til $n_+(\mathrm{D})$. Det forklarer hvorfor vi har en ulikhet i ligning (21). Hvis vi til slutt benytter sammenhengen (20) til å uttrykke ulikheten (21) ved størrelsen $P(\Theta)$, får vi

$$P(120^0) \leq 2P(60^0) \qquad (22)$$

Dette er Bells ulikhet (17) for $\Theta = 60^0$.

Aspects eksperiment

Når det gjelder Aspects eksperiment vil jeg ikke gå i detalj, men nøye meg med en meget skjematisk beskrivelse. (Se ref. (5) for en noe mer utfyllende omtale.) Eksperimentoppstillingen er skjematisk vist i fig. 6.

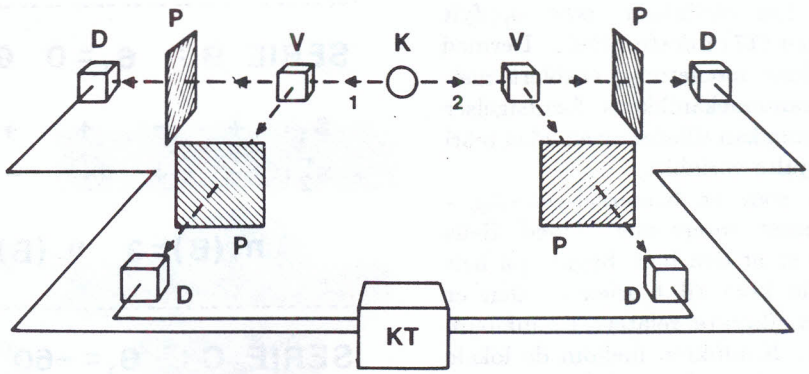


Fig.6. Skjematisk fremstilling av Aspect-eksperiment. Fra en kilde K sendes det ut korrelerte foton-par (1 og 2). Fotonene passerer polarisasjonsfiltre P, og ved hjelp av vendere V kan man velge mellom to mulige filtre for hvert foton. Passering av filtrene registreres ved detektorer D, og korrelasjoner mellom målingene bestemmes med en koinsidensteller KT.

Den er i det vesentlige bygget opp som i tanke-eksperimentet med spinnmålingene, men det benyttes korrelerte fotoner i stedet for elektroner. Fra en kilde sendes det ut foton-par i en korrelert spinntilstand. Spinnet til et foton måles ved å la det passere et polarisasjonsfilter, og så, ved hjelp av en detektor, registrere om filteret er passert. Ved hjelp av en koinsidensteller kan en registrere korrelasjoner mellom registreringer på de to detektorene.

Det bør nevnes at Aspect og medarbeidere ikke er de første til å gjennomføre en slik type eksperiment[10]. Men det som er nytt i Aspects eksperiment er noen ultra-raske vendere som benyttes til å velge mellom to mulige polarisasjonsmålere for hvert foton. Disse er innført for å eliminerte enhver tenkelig systematisk påvirkning av innstilling til måler 1 på resultatet til måler 2, eller omvendt. Valget av innstilling på venderen foretas i løpet av det uhyre korte tidsintervallet fotonene er på veg fra kilde til vendere. Innstillingen på vender 1 har da ikke tid til å påvirke måleresultatet til måler 2, siden det ville forutsette at påvirkningen måtte forplante seg med overlyshastighet.

Resultatet av dette eksperimentet er velkjent: Korrelasjonsfunksjonene som er beregnet på grunnlag av måleresultatene bekrefter fullt ut kvantemekanikkens forutsigelser, innenfor de måleusikkerheter man opererer med. Men Bells ulikhet er brutt. Aspect, Dalibard og Roger raporterer om måleresultater som ligger 5 standardavvik utenfor det denne ulikheten tillater[3].

Konklusjonen synes etter dette klar: Kvantemekanikken er igjen bekreftet. Men den type "realistiske" teorier som Einstein, Podolsky og Rosen antyder i slutten av sin artikkel, synes definitivt utelukket.

Avsluttende kommentar

For mange fysikere som har vært interessert i problemstillingen har EPR-paradokset vært oppfattet som et virkelig paradoks. Men for Niels Bohr ble det ikke oppfattet på denne måten. Det fremgår tydelig av den artikkelen han skrev[11] som svar på artikkelen til Einstein, Podolsky og Rosen. I denne artikkelen utdyper han i hovedsak sitt eget komplimentaritetsbegrep, men han har også med avsnitt som går mer direkte på EPR-eksperimentet. Det sentrale problem, at kvantemekanikken i sammenheng med dette eksperimentet synes å forutsette en umiddelbar påvirkning over avstand, kommenterer han på følgende måte:

Of course there is in a case like that just considered no question of a mechanical disturbance of the system under investigation during the last critical stage of the measuring procedure.

But even at this stage there is essentially the question of an influence on the very conditions which define the possible types of predictions regarding the future behaviour of the system.

Sammenlignet med den klare formulering av forutsetninger og konklusjon i EPR's artikkel synes denne formulering ytterst dunkel. Saken er vel at Bohrs utsagn ikke gir stort mening med mindre man på forhånd har akseptert Bohrs "Københavner-interpretasjon" av kvantemekanikken. Men selv uten å forsøke å forstå utsagnet i detalj, kan en vel lese ut av det at Bohr akseptere en slags ikke-mekanisk påvirkning av de to partiklene, en påvirkning som ikke er begrenset til den umiddelbare nærhet av måleinstrumentet selv.

Grunnen til at Bohr ikke oppfatter EPR's problemstilling som et paradoks, er at han har opphøyet begrepet *komplimentaritet* til noe som er mer grunnleggende enn de begreper Einstein er opptatt av: fysisk virkelighet og lokalitet. Dette kommer klart til uttrykk et annet sted i artikkelen, hvor han sier at den vekselvirkning mellom objekt og måleapparat, som er betinget av eksistensen av et virkningskvant, forutsetter

- the necessity of a final renunciation of the classical ideal of causality and a radical revision of our attitude towards the problem of physical reality.

Resultatene til Aspect underbygger kvantemekanikken. Og EPR's ide om en realistisk og lokal teori synes med dette å ha lidd et endelig skibbrudd. Riktignok er ikke muligheten for en realistisk teori utelukket - dvs. en teori hvor alle størrelser er entydig bestemt av et sett skjulte variable. Bohm har en slik modell[9]. Men det at denne modellen har påvirkninger som formidles umiddelbart over avstand, er - i lys av Bells teorem - ingen tilfeldighet. En slik realistisk teori må nødvendigvis være ikke-lokal.

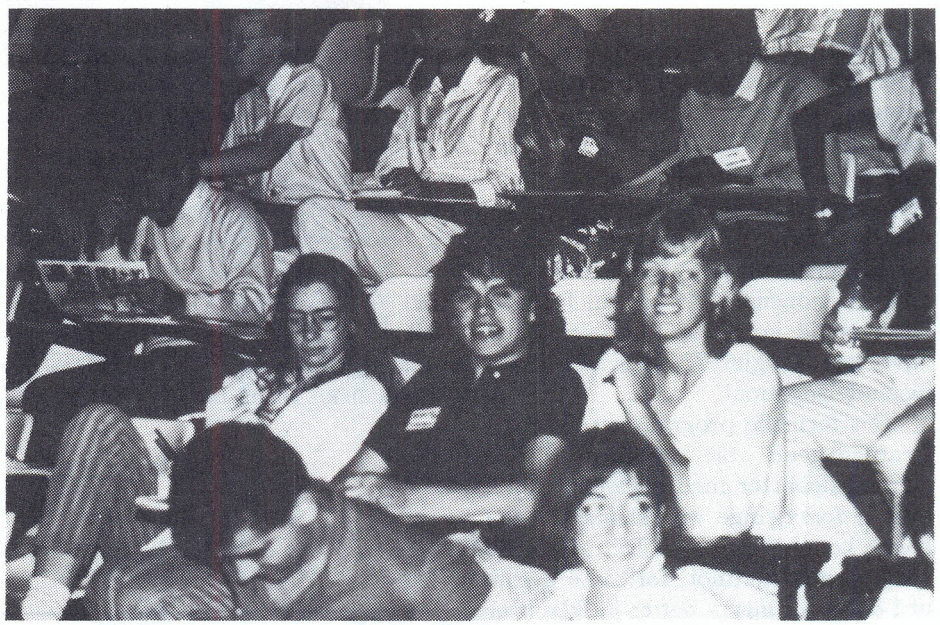
Spørsmålet en står igjen med er om Aspects resultater gjør det nødvendig for alle - også de tidligere skeptikere - å akseptere Bohrs interpretasjon av kvantemekanikken. En fullt så bastant slutning kan man neppe dra. Riktignok synes denne interpretasjonen å ha kommet styrket ut av konfrontasjonen med de "lokal-realistiske teorier". Men fortsatt vil nok enkelte ha en annen oppfatning: Bohr løser ikke egentlig problemet til Einstein, Podolsky og Rosen ved hjelp av komplimentaritetsbegrepet, han skyver problemet til siden. Og denne måten å behandle problemet på gir ikke nødvendigvis det beste utgangspunkt, hvis man søker en ytterligere klargjøring av det bemerkelseverdige forholdet mellom kvantemekanikk og fysisk virkelighet.

∞

Referanser

1. A. Einstein, B. Podolsky and N. Rosen, Phys. Rev. **47** ,777 (1935).
2. J.S. Bell, Physics **1** ,195 (1965).
3. A. Aspect, J. Dalibard and G. Roger, Phys. Rev. Lett. **49** , 1804 (1982).
4. H. Andås og K. Gjøtterud, Fra Fysikkens Verden **49** ,76 (1987).
5. H. Lütken, Fra Fysikkens Verden **45** ,77 (1983).
6. Nick Herbert, *Quantum Reality.* Anchor Press/Doubleday, New York 1987.
7. D. Bohm and Y. Aharanov, Phys. Rev. **108** ,1070 (1957).
8. J. Von Neumann, *Matematische Grundlagen der Quanten-mechanik.* Verlag Julius-Springer, Berlin 1932 (eng. overs.: Princeton University Press 1955).
9. D. Bohm, Phys. Rev. **85** , 166 and 180 (1952).
10. J.F. Clauser and A. Shimony, Rep. Prog. Phys. **41** , 1881 (1978).
11. N. Bohr, Phys. Rev. **48** , 696 (1935).

Reisebrev



Fire fysikkstudenter fra Oslo, Berit Bungum, Trine Platou, Anne Cecilie Riiser og Trine Platou, har deltatt på en internasjonal konferanse for studenter om globale spørsmål. Vi har fått en av dem til gi noen inntrykk.

I august 1988 fikk fire studenter ved Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, anledning til å delta på en internasjonal konferanse for studenter kalt "Youth Building the Future" (YBF) i Waterloo, Canada.

Dette var den andre YBF-konferansen, den første ble holdt i Melbourne, Australia, i 1987, etter initiativ fra Dr. Hein Wagenfeld, og det er meningen at dette skal bli et årlig foretak.

Under disse konferansene kommer studenter fra hele verden sammen og diskuterer globale spørsmål. Hensikten er å øke forståelsen og kontakten på tvers av landegrenser og kulturelle skiller, samt å heve kunnskaps- og bevissthetsnivået blant unge mennesker som på forskjellige måter kan komme

til å være med på å forme utviklingen i sine respektive hjemland i framtiden.

Mangfoldet på konferansen var stort, her var omkring 90 studenter fra vel 20 ulike nasjoner, de fleste fagområder var representert, og vi hadde bakgrunn i vidt forskjellige kulturer. En viss vestlig dominans var likevel tilstede; vårt håp er at den 3. verden vil bli noe bedre representert ved framtidige YBF-konferanser.

Temaene som ble tatt opp på konferansen i Canada var:

- Kjernevåpenkappløpet
- Drivhuseffekt
- Energiforbruk, forurensning og alternativer
- Religionens rolle i et globalt perspektiv
- Den tredje verdens utvikling

Hver dag ble åpnet med en times forelesning av en eller to personer med spesiell kunnskap innenfor dagens tema. I tillegg til bakgrunnsmateriale som vi på forhånd hadde fått tilsendt, skulle disse forelesningene danne grunnlaget for dagens videre diskusjoner. Diskusjonene var organisert som "workshops", grupper på 8-10 personer. Disse var forskjellig sammensatt fra dag til dag, noe som ga oss en størst mulig kontaktflate. Målet for diskusjonene var å komme fram til mest mulig konkrete løsninger, med "hva kan *vi* gjøre?" som et underliggende spørsmål.

Det formelle programmet for konferansedagene ble avsluttet med plenumsdebatter med utgangspunkt i hva de forskjellige workshopgruppene hadde kommet fram til. Det uformelle programmet derimot, fortsatte gjerne ut i de små timer; - det er jo ikke hver dag man får 90 nye venner fra hele verden på én gang!

Det viste seg raskt at til tross for mange kulturelle forskjeller, har vi som studenter og unge mennesker mye felles og mange av de samme tankene og følelsene.

Hva har vi så fått ut av å delta på en YBF-konferanse, når vi ser tilbake på den et halvt år etter?

Jeg kan ikke påstå at våre konkrete kunnskaper om miljøspørsmål, ulandsproblematikk o.l. har blitt så mye større. Dette var jo heller ikke det primære mål med konferansen. Derimot er vi blitt flinkere til å se globale spørsmål i en større sammenheng, og å se dem mer nyansert. Miljøspørsmål her hjemme er ikke det samme som miljøspørsmål i Mexico. Gode løsninger i industriland er ikke nødvendigvis en løsning i det hele tatt i et land i 3. verden.

Problemene og konfliktene er forskjellige, slik at løsningene også må bli forskjellige.

Grunnmuren ble på sett og vis revet vekk under en del forutinntatte oppfatninger vi hadde om globale problemer, og vi kom ikke på noen måte hjem fra Canada med hodet fullt av illusjoner og klare formeninger om hvordan vi skal "redde verden". Snarere tvert imot.

MEN: Vi har erfart at konstruktivt samarbeid på tvers av landegrenser og andre barrierer er mulig, - at løsninger faktisk finnes, og at kommunikasjon, kunnskap og bevissthet er viktige midler for å finne dem. YBF har som mål å inspirere unge mennesker til å bruke disse midlene.

Den tredje YBF-konferansen vil bli holdt i Buenos Aires, Argentina, i august - 89. Studenter som er interessert i å delta, kan kontakte Fysisk Fagutvalg ved Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Vi vil gjerne rette en stor takk til de som har gjort disse opplevelsene og erfaringene mulige for oss; Professor J. Gjønnes, som formidlet kontakt med YBF, og Fysisk Institutt, ved daværende bestyrer Finn Ingebretsen, som stilte opp og støttet oss økonomisk. Tusen takk!!

Berit Bungum

∞

Bokomtaler

Physics World, nytt britisk fysikk-tidsskrift.

Tidlig i fjor høst ble de to engelske populærvitenskaplige tidsskriftene Physics Bulletin og Physics in Technology slåttsammen til ett tidsskrift under navnet Physics World. Tidsskriftet blir utgitt av The Institute of Physics (IOP), en organisasjon for og av engelske fysikere, tilsvarende Norsk Fysisk Selskap. I 1988 kom det 3 nummer av det nye tidsskriftet. Jeg har lest 2 nummer ganske grundig og bladd gjennom det tredje og er imponert over den høye kvaliteten på artiklene. De dekker nesten alle grener av fysikken, fra elementærpartikler og det store smellet, gravitasjonsteori, til fysikken i flytende og faste stoffer, suprafluider og supraledere. I hvert nummer er det minst en artikkel fra anvendt fysikk slik som om éndimensjonale ballistiske (!) resistorer, militæranvendelser av fysikk (SDI), supraledende lagringsenheter for energi og effektive nye transformatorkonstruksjoner. Artikkelforfatterne er eksperter fra hele verden, ikke bare fra Storbritannia. Det er korte nyhetsmeldinger, både om fysikk, forskningspolitikk og undervisning i tillegg til møtekalendre, møtereferater, bokmeldinger og stillingsannonser. Det fins også nyheter om europeisk fysisk forskning, siden Storbritannia er medlem av Fellesmarkedet. Sammen med Europhysics News vil dette nye tidsskriftet være en effektiv motvekt mot den ensidige orienteringen mot forhold i USA, ettersom norske fysikere ser ut til å kvie seg for å lese de utmerkede franske og tyske fysikktidsskriftene.

Jeg kan derfor anbefale Physics World på det beste, både for forskere som vil ha nyheter fra sitt eget felt og for fysikklærere i den videregående skolen som vil holde seg ajour med den generelle utvikling innafor fysikken. Tidsskriftet kommer ut med 12 nummer i året.

En institusjon kan abonnere for £50.- , mens et spesialabonnement for EPS medlemmer bare koster £12.50 for året (ikke-EPS medlemmer £20.-) Bestilling med vedlagt sjekk i pund kan sendes til:

Journals Marketing Department
IOP Publishing Ltd, Techno House
Redcliffe Way, Bristol BS1 6NX
UK, Storbritannia

Olav Steinsvoll

Smith, F.G and Thomsons, J.H.: Optics. John Wiley and Sons Ltd., 2nd ed. 1988. Pris ca. kr. 240

Denne boka er tenkt brukt til et innføringskurs i optikk. Den er ikke av mursteinsformat som så mange

andre bøker, men har 300 sider i A5-format. Innholdsfortegnelsen bringer ingen store overraskelser. De første kapitlene behandler grunnleggende bølge-og diffraksjonsteori, og også en del fourierregning for bruk i optikk. Videre behandles geometrisk optikk, Fresnel- og Fraunhoferdiffraksjon, polarisasjon, koherens og lasere, holografi og deteksjon av lys. Et par kapitler tar for seg mer fundamentale fysiske mekanismer, for eksempel stråling fra akselererte ladninger, og forskjellige spredningsprosesser. En del forskjellige interferometre og andre optiske instrumenter er også beskrevet. Til de fleste kapitlene er det noen regneoppgaver.

Boka er forholdsvis lite matematisk. Den inneholder mange små, men gode illustrasjoner. Den gjør ikke engang forsøk på være et komplett optikk-verk. Forfatternes ambisjoner har vært å lage en bok som er overkommelig stor og som gjør utstrakt bruk av fysikalske argumenter. Det vil jeg si de har lykkes i. Prisen de har måttet betale er at boka ikke er noen god referansebok. Til gjengjeld vil jeg som student si at boka ser ut til å være en god lærebok.

Torbjørn Skauli

∞

P.C.W. Davies, J. Brown (Ed.) "Superstrings – A Theory of Everything?", Cambridge University Press, Cambridge 1988 (234 sider).

Dette er en populær bok om superstreng teorien, en teori som det har gått gjetord om både i og utenfor teoretikernes rekker. Tatt i betraktning av ambisjonsnivået, å skrive ned selve *Verdensformelen* er det ikke å undres over at temaet vekker interesse!

Innledningen på 70 sider gir et fint oversiktsbilde av teoretisk fysikk og dens utvikling fra spesiell relativitetsteori via Grand Unified Theories (GUT) til supergravity og den krise som oppstod da det viste seg at forsøk på kvantisering av Einstein's generelle relativitetsteori støtte på tilsynelatende uoverkommelige problemer.

Disse problemene kan skyldes forskjellige ting: gravitasjonsteorien kan være gal, kvantiseringsprosedyren kan være gal, eller kanskje er vårt bilde av de fundamentale byggesteinene feilaktig. Streng-teoretikerne holder på den siste muligheten. Det er imidlertid ikke vanskelig å argumentere for at kvantiseringsprosedyren er gal. For å sitere Penrose: "Etter å ha valset flat Einstein's teori med dampveivals er det vanskelig å tro at det nytter å vifte med kvanteteoriens tryllestav over restene". Problemet er at man linearisererer Einstein's teori, noe som gir et inkonsistent resultat også klassisk, *før* man kvantiserer. Men tilbake til strenger!

Streng-teorien ble innført for å forklare kreftene mellom kvarkene. Etterhvert ble denne anvendelsen forlatt, men oppdagelsen av spinn 2 komponenter i streng teori ledet så til idéen om at kanskje elementærpartiklene kanskje ikke var partikler men *strenger*, og at strengebildet omfatter alt, gravitasjon inkludert. Dette kunne være løsningen på problemet med kvantegravitasjon. Her slutter introduksjonskapitlet.

Resten av boka er basert på et BBC radioprogram med intervjuer av kjente fysikere hvorav Schwarz, Witten, Green, Gross, Ellis, Salam, og Weinberg representerer entusiastiske tilhengere av strengteorien. Glashow og Feynman kommer med kritiske innvendinger.

Ved siden av eksistensen av en konsistent gravitasjonsteori innenfor streng-teorien må tilhengerne basere seg på formelle argumenter til støtte for sin teori. Nettopp denne formelle tilnærming (top-down) til naturvitenskap er hva kritikerne angriper. Dertil kommer mangelen på kontakt med eksperimentelle data.

Denne diskusjonen som intervjuene gjenspeiler, belyser ikke bare superstrengteorien som sådan, men berører rent metodologiske spørsmål av betydning i all naturvitenskap.

Boka har ei lita ordliste og et omfattende saksregister. Alt i alt er boka lettlest og klar. Imidlertid har selve intervjuformen en pedagogisk ulempe idet opplysningene blir spredt rundt i boka på en litt rotete måte.

På den annen side belyser denne presentasjonsformen den usikkerhet som alltid er tilstede når man står overfor det uutforskede. Og hva annet er det enn lysten til å trå ukjent land som driver oss ned i underjordiske huler, opp på fjelltopper, gjennom ørkener, over hav, til månen og til superstrenger?

Harald Soleng

∞

KOSMOS 1988: Kryofysikk.

Temaserien i den svenske fysikk årboka fortsetter i år med emnet "Kryofysik". Den føyer seg pent inn i rekka av årbøker med titler som "Livets fysik", "Geofysik", "Astrofysik", "Optik", "Fysikhistoria" for bare å ta titlene på årbøkene de siste fem åra. Temaet er naturligvis rykende aktuelt, og første artikkel i boka omtaler da også Nobelprisvinnerne 1987, G. Bednorz og A. Müller som fant de første supraledende keramer. Artiklene ellers er skrevet av svenske fysikere og omhandler f.eks. produksjon og måling av lave temperaturer, temperaturskalaer, heliums lavtemperaturegenskaper, SQUIDS, industriell lavtemperaturapparatur mm.

For medlemmer av NFS er prisen SEK 89.- og årboka kan bestilles med vedlagt sjekk hos:

Almquist & Wiksell Periodical Co
Box 638
101 28 Stockholm, Sverige

Olav Steinsvoll

∞

Skriv i FFV

Fysikk og Fysikeres ansvar

Ben Mottelson *

Ved feiringen av Fysikkforeningens 50-års jubileum holdt Ben Mottelson, Nobelprisvinner i 1976, et invitert foredrag, og redaksjonen har få tillatelse til å gjengi den i FFV.

Det er mig en stor glæde at kunne være med til at fejre Fysikforeningens femti års jubilæum her i Oslo. Den tætte og frugtbare kontakt mellem fysik i Oslo og vores Institut i København har igennem alle årene været en levende berigelse af vores videnskabelige miljø og en personlig inspiration for mig.

I har bedt mig tale om fysik og fysikeres ansvar nu og i fremtiden. Jeg må indrømme at jeg har aldrig før holdt foredrag om dette emne, og I må derfor acceptere mine bemærkninger som et første forøg på at formulere mine tanker om disse så store og viktige spørgsmål.

For at vi kan nærme os emnet på basis af et vist perspektiv, skal jeg begynde med, i fødselsdagens ånd, at minde lidt om fysikkens nyeste opdagelser og problemstillinger for 50 år siden, da Foreningen var nyfødt. Kvantemekanikken var på dette tidspunkt kun en tretten årig (hurtig voksende) dreng; antal af stoffets elementarpartikler, som i 1930 var kun tre (proton, elektron og foton), var i voldsom vækst. Inden Fysikforeningens start havde enkelte af disse stoffers grundlægende byggestener nået det svimlende tal 7 (neutron, proton, elektron, positron, foton, neutrino og den første meson (senere kald μ-meson)). Disse opdagelser dannede grundlag for en begyndende forståelse af betahenfald og atomkernernes opbygning. Denne dialektik mellem opdagelser og begreber har igennem alle tider været det centrale i hele videnskabens udvikling. Forfinede iagttagelser har afsløret en uanet og næsten svimlende rigdom i naturens fænomener og i takt med dette har det været muligt at udvikle begreber og etablere sammenhænge som afspejler de mest subtile forbindelser og harmonier mellem disse fænomener. Det byggningværk som er gradvis blevet afsløret, er en utrolig smuk og enestående konstruktion.

Men netop her, med fysikkens ubestridelige succes i at trænge ind og skabe sammenhæng i store dele av naturen, møder vi nogen af de problemer vi må bringe frem ved denne lejlighed, problemer knyttet til fysikkens placering i naturvidenskaben og i kulturen i almindelighed. Først fysikkens placering indenfor naturvidenskaben: Vi har alle læst videnskabshistorier og bøger om videnskabsfilosofi, der er skrevet som om fysikkens metoder og fysikkens erfaringer var *paradigmet* for alle videnskaber og at de andre, biologi, psykologi, sociologi etc. kun bliver til sande videnskaber for så vidt at de kan efterligne fysikkens beskuelsesmåde. Vi er ofte smigret på fagets vegne og kan godt forstå ideen, men det er for snæversynet, det er hovmodigt, og det er forkert. Vi behøver kun at huske universal naturlovens helt centrale placering i fysikken opbygning medens mange biologer mener at der overhovedet ikke findes sådanne love i biologi. Eller vi kan tænke på fysikkens begrænsning til spørgsmålene, *hvad* og *hvordan*, medens det i biologi er mindst lige så vigtigt at finde ut af *hvorfor*. Det ville føre for vidt at forfølge på et mere systematisk vis denne sammenligning af fysik og biologi, men jeg er overbevist om at det vil være af værdi også for fysikken, hvis vi kunne komme til at forstå bedre forskellene mellem fysikkens metoder og begrebsstrukturer og dem som har vist sig effektive indenfor andre grene af videnskaben.

Et andet spørgsmål som vi må tage op under dette punkt, er naturvidenskabens forhold til det bredere intellektuelle samfund omkring os. Jeg har ingen tvivl om at dette århundredes naturvidenskab vil blive betragtet af eftertiden som en enestående og himmelstæbende sejr af den menneskelige ånd. Men den kreds som deltager, den kreds som oplever de nye fremskridt som en åndelige inspiration, den kreds som selv har en elementær indsigt i hvad foregår er så forsvindende lille, at det må være grund for almindelig bekymring for vores kulturs sundhed. Den amerikanske historiker og digter Lionel Trilling har givet et rammende udtryk for dette:

"This exclusion of most of us from the mode of thought which is habitually said to be the characteristic achievement of the modern age is bound to be experienced as a wound given to our intellectual self-esteem. About this humiliation, we all agree to be silent; but can we doubt that it has its consequences, that it introduces into the life of the mind a significant element of dubiety and alienation which must be taken into account in any estimate that is being made of the present fortunes of mind".

Han føler seg selv holdt udenfor de ideer og tænkemåder, som er det mest karakteristiske for vores tid, og han oplever dette som et sår og en udmygelse af hans intellekt. Og vi må ikke tro at disse følelser kun opleves af en lille kreds eller er noget specielt amerikansk. Næsten det samme blev sagt i en mer truende tonefald og med mer bitterhed av Bertold Brecht i slutningen af hans stykke "Galileo's Liv".

"Ihr mögt mit der Zeit alles entdecken, was es zu entdecken gibt, und euer Fortschritte wird doch nur ein Fortschritt von der Menschheit veg sein. Das Kluft zwischen euch und ihr kann eines Tages so gross werden, dass euer Jubelschrei über irgendeine neue Erregenschaft von einem universalen Entsetzenschrei beantwortet werden könnte".

*NORDITA, København.

Brecht er dybt bekymret over konsekvenserne af naturvidenskabenes fremskridt på den brede mennskeheds selvopfattelse. Vi må erkende at dette *sår* er et meget alvorligt problem. Vi må erkende det på menneskeligt og fagligt plan; vores reaktion burde have vidtgående konsekvenser, konsekvenser for den måde vi indretter børneskolen, for uddannelsen af fysikere, for organisering og ansættelser på vores fysik institutter - vi må alle erkende et personligt ansvar for at bidrage til formidling, til at skabe bro, til at skabe forbindelse til andre grene af vores kultur og benytte enhver lejlighed til at forklare hvert medmenneske og kolleger hvad det er vi er beskæftiget med. I.I.Rabi har formuleret dette forlangende på sin sædvanlige klare og skarpe måde:

"Science itself is badly in need of integration and unification. The tendency is more the other way... Only the graduate student, poor beast of burden that he is, can be expected to know a little of each. As the number of physicists increases, each speciality becomes more self-sustaining and self-contained. Such Balkanization carries physics, and, indeed, every science further away from natural philosophy, which intellectually is the meaning and goal of science".

Rabi opfordrer os til at virkelig betragte vores fag som et led i forståelsen af vores omgivelser (natural philosophy) og til at arbejde for at den spiller denne rolle.

Nu kommer vi til en mere frontal konfrontation af de problemer der så ofte løftes i diskussioner om en videnskabsmands ansvar i det moderne samfund og især de spørgesmål som er knyttet til brug af videnskabelige fremskridt til militære formål; hvad med atomvåben? ...og stjernekrig? og så videre? Det første man må konstatere er at der findes blandt videnskabsmænd et meget bredt spektrum af forskellige meninger om disse spørgsmål. Lad os tage atomvåben som eksempel:

Nogle, mener at disse våben udøver et afgørende bidrag til freden og stabiliteten i verdenen, at vi må takke disse våben for at vi lige nu oplever den længste uafbrudte periode af fred nogensinde i Europas moderne historie. Disse videnskapsmænd advarer mod en for voldsom nedskæring af disse våbener.

Andre mener at der findes et helt irrationslt stort antal af disse våben og at den videre udvikling og oprustning med nye våben skaber ustabilitet og en uholdbar fare for menneskeheden. Disse videnskabsmænd argumenterer for drastisk nedskæring af disse våben som et skridt mod en mere stabil verden.

Medens andre videnskabsmænd er aktive i fredsbevægelsen og mener at atomvåbenene selv er den største fare mod mennekeheden og derfor skal disse våben afskaffes fra hele verdenen og i hvert fald fra Norden.

Disse forskellige vurderinger af forskellige videnskabsmænd fører til lige så forskellige handlinger: Nogle arbejder i våbenindustrien, nogle arbejder for våbenkontrol, nogle arbejder i fredsbevægelser, og endeligt må vi konstatere at de allerfleste nok holder sig til deres videnskabelige forskning og føler en vis afmagt, en stor usikkerhed om deres videnskabelige viden kan give et entydig svar på hvilken af disse reaktioner kan være den rigtige.

Jeg mener at vi skal ikke være overraskede eller forarget over disse meget forskellige holdninger blandt vore kolleger, når vi holder fast at naturvidenskab beskæftiger sig med den del af vores tilværelse hvor vi møder udelukkende udsagn, som vi undersøger for at finde ud af om de er riktige eller falske, ja eller nej. Men til at svare på spørgsmål af den slags som jeg lige har omtalt kræver også en anden slags tænkning. Jeg synes at A. Einstein har forklaret denne forskel på en udmærket måde, når han siger:

"The scientific method can teach us nothing else beyond how facts are related to, and conditioned by, each other. The aspiration toward such objective knowledge belongs to the highest of which man is capable, and you will certainly not suspect me of wishing to belittle the achievements and the heroic efforts of man in this sphere. Yet it is equally clear that knowledge of what *is*, does not open the door directly to what *should be*. One can have the clearest and most complete knowledge of what *is* and yet not be able to deduct from that what should be the goal of our human aspirations. Objective knowledge provides us with powerful instruments for the achievements of certain ends, but the ultimate goal itself and the longing to reach it must come from another source. And it is hardly necessary to argue for the view that our existence and our activity acquire meaning only by the setting up of such a goal and of corresponding values. The knowledge of truth as such is wonderful, but it is so little capable of acting as a guide that it cannot prove even the justification and the value of the aspiration toward that very knowledge of truth. Here we face, therefore, the limits of purely rational conception of our existence".

Vi må derfor erkende at vores naturvidenskabelige erfaring og viden kan ikke give entydigt svar på de eksistentielle spørgsmål og vi må aceptere at videnskabsmænd vil reagere meget forskelligt på disse problemer. Men alligevel er der en indfaldsvinkel til atomvåbenproblemet hvor jeg synes vi har nogen speciel og entydig erfaring og ud fra den synsvinkel mulighed for et værdifuldt bidrag. Der kan ikke være nogen tvivl om at våbenkapløbet drives frem i meget høj grad af gensidig mistillid, grænsende til det paranoide, der på hver sin side vises overfor modparten. Dette mistillid får en stor del af sin næring i den store forskel i social og historisk erfaring, den manglende viden om hinanden, og den gensidige manglende åbenhed mellem nationerne. Det er netop her hvor naturvidenskab som en menneskelig institution har erfaringer og tradition som er af den allerstørste betydning; naturvidenskab, som en sand international fellesskab hvor åbenhed er en absolut nødvendighed.

Det var Niels Bohr der først fremhævede den afgørende betydning det kunne have også på atomvåbendebatten hvis dette åbenhedsbegreb kunne blive overført til bredere aspekter af det internationale samliv. Denne fremhævelse af åbenhed må ikke være et skjult forsøg på at påføre andre vores samfundsstil eller sociale instiutioner, men en villighed til at lære om andres historiske erfaring og lytte til deres egenforståelse af essentielle interesser. Jeg er overbeviset om at naturvidenskaben har her, med sin vidt forgrenede internationale struktur, en mulighed for et egenartet bidrag til skabelsen af en mere stabil og mere fredelig verden.

∞

Konferanser

Rondablikkmøtet 1988, et seminar arrangert av faggruppa for kondenserte fasers fysikk.

Faggruppa for kondenserte fasers fysikk arrangerte sist høst et seminar på hotellet Rondablikk i Gudbrandsdalen. Seminaret var finansiert ved NAVFs materialforskingsprogram. Det startet om torsdagskvelden 29. september og varte til lørdag 1. oktober. Søndag morgen, 2. oktober arrangerte Nasjonalt Laboratorium for overflatestudier (NALOS) et satellittseminar. Stedet og omgivelsene viste seg fra sin aller beste side, og alle dagene fikk deltakerne, 54 i tallet, anledning til å ta seg korte fjellturer i lunsjpausen. Det var fem inviterte hovedforelesninger , og ettermiddagssesjonene ble brukt til korte bidrag fra de ulike forskningsgruppene. Det var kommet inn over 20 slike påmeldte bidrag, noe som førte til at gruppene måtte korte inn og slå sammen bidrag av tidshensyn.

Førstemann ut var K. Bechgaard (København) som foreleste om "Charge transfer materials". Det har vist seg at visse organiske forbindelser har retningsbestemt elektrisk ledningsevne i forhold til krystallretningene, og ledningen kan ha todimensjonal, planaktig, eller éndimensjonal, strengaktig, karakter. Stoffene består av plane, organiske molekyler, som danner endimensjonale stabler i strukturen. Stablene er så tette at det blir betydelig mobilitet av elektroner og hull mellom molekylene i stableretninga. Ved å bygge sammen stoffer med forskjellig akseptor- og donor-karakter kan en få fram stoffer med ledningsegenskaper som likner metaller og halvledere. De mest kjente stoffene beskrives med forkortelsene TTF-TCNQ og TMTSF-TMTTF. Det første stoffet er en organisk svovel- og cyanforbindelse, mens det andre er en organisk forbindelse med selen istedet for svovel. En kan regne ut vekselvirkningene både i planene og mellom planene, og dermed se på dimensjonaliteten for ledningen. Noen forbindelser viser tydelig oppførsel som kan forklares ved såkalte spinntetthetsbølger (SDW). Ved å forandre trykk og temperatur, P og T, over krystallen kan en føre krystallen over til en supraledende fasetilstand (SL), og en har her en parallell til de nye høytemperatur SL, f. eks. $La_{(2-x)}(Ba,Sr)_xCuO_{(4-d)}$. De siste går over fra en antiferromagnetisk (AF) fasetilstand til en SL fasetilstand ved endring av dopingsgraden, x, som altså tilsvarer indre trykkendringer i krystallen. Andre forbindelser har et (P,T) diagram som omfatter både en spinn Peierls fase, en SDW fase, en metallisk fase og en SL fase. Ved å utsette krystallene for elektriske og magnetiske felt i tillegg til P,T endringene, blir fasediagrammet svært komplisert, og det er en meget rik fysisk oppførsel som utfolder seg i disse materialene.

J. Paul (KTH, Stockholm) fortalte om adsorpsjon av forskjellige molekyler på overflaten av metallisk aluminium. En kan studere måten molekylene er bundet til overflaten av stoffet ved lysspredning, Auger effekt eller diffus spredning av høyenergetiske røntgenstråling. Dessuten kan en fordampe de adsorberte molekyler og studere hvordan avdampningen skjer ved ulike temperaturer (desorpsjon). Dette gir opplysning om bindingsenergier og bindingsformer på overflata.

J. Fossum, som er NAVF stipendiat ved MIT, fortalte om teoretiske beregninger og ultralydmålinger på orienteringsordninger av CN molekylakser i blandete cyanid-halid krystaller, slik som $K(CN)_xBr_{(1-x)}$, $K(CN)_xCl_{(1-x)}$ og $Rb(CN)_xBr_{(1-x)}$. Avhengig av konsentrasjon og temperatur kan en her både få storskala ordensfenomener for CN aksene, orden over lokale områder eller "glass"former. Dette ser ut å bli forårsaket av en konkurransevirkning mellom akseordningskrefter og tilfeldige eller fluktuerende trykkspenninger i stoffet.

Kvasikrystaller har vært svært aktuelt de siste åra etter at Shectman oppdaget krystaller med femtallig symmetri i Al-Mn legeringer (se FFV nr.4, 1988 samt dette nr.). En éndimensjonal utgave av dette fenomenet er Fibonaccigitteret.

Chao (Linkøbing, fra juli 1989 ved NTH) fortalte om Ramanspredningsmålinger fra kvasiperiodiske Fibonacci supergitter-halvledere. Dette er kunstige materialer produsert ved å dampe GaAs og GaAlAs vekselvis og lagvis over hverandre og samtidig endre tykkelsen av lagene etter et bestemt mønster. Ved Ramanspredningen kan en få innsyn i gitterdynamikken i slike system. Frekvensspektret for fononer i disse stoffene deler seg naturligvis i transverselle og longitudinelle svingningsformer, men i tillegg til dette, har en fonondispersjonskurve (i E,q- rommet) en uendelig mengde små gap.

Foredraget om det nye SANS instrumentet på IFE ved undertegnede er allerede trykt i FFV, nr. 3, '88. Seminaret hadde en stor sesjon om høytemperatur supraledere, som tidligere er referert i FFV nr. 4, '88. Der fortalte A. Aharoni om magnetismefenomeners rolle i oppførslen til de nye SL.

Ved NALOS-seminaret innledet Jan S. Johannesen med en historisk oversikt over framveksten av overflatestudier, både i utlandet og i Norge. Det var særlig konstruksjonen av apparater for ESCA og Auger-effektmålinger som i begynnelsen gjorde dette mulig. Ved ESCA spres en tynn stråle fotoner fra det øvre overflatesjiktet. En kan også bruke spredning av ioner (SIMS). Hver metode har sitt elementområde i det periodiske system for hva slags sjikttype som kan studeres. Overflateeffekter har stor betydning under katalyttiske prosesser ("cracking" av petroleum, kunstgjødselproduksjon), og ulike former for korrosjon og rusting ved overflater. Ved hjelp av en ionestråle eller en laser kan en "drille" hull gjennom et overflatelag og deretter studere dybdeprofilen i veggene i dette hullet.

Under møtet var det valg av nytt styre for faggruppa. Fram til høsten 1990 består styret av E.J. Samuelsen, NTH, formann, J. Feder, UiO og O. Steinsvoll, IFE. Det har vært planen å holde slike seminar i faggruppa med 2 års mellomrom, i utakt med Geilomøtet.

Olav Steinsvoll

∞

Neutron Scattering, Grenoble 1988.

Med jamne mellomrom siden begynnelsen av sekstiåra er det blitt holdt store internasjonale konferanser om nøytronspredning over hele verden. I begynnelsen var det bare 2 - 3 års mellomrom mellom møtene, men i det siste er det gått lenger tid. På de første møtene var det særlig nøytronfysikk, apparatur og målemetoder som ble behandlet, men etterhvert har en konsentrert seg om eksperimentelle resultater fra ulike områder av nøytronspredning. På møtet sist sommer var det en passende blanding av alle disse komponentene, og møtet hadde samlet 362 deltakere.

Den gamle ringreven, professor E.F. Bertaut, var æresformann ved møtet og innledet med å se tilbake på historien til nøytronspredning og magnetisme. S. Smart og C.G. Shull foreslo i 1947 å bruke nøytronspredning til å bevise at Neéls ide om antiferromagneter var riktig, og allerede året etter var eksperimentene utført ved reaktoren i Oak Ridge, USA. De viste full stadfesting av Neéls teori. Utviklingen gikk raskt framover i USA med studiet av ferro- og anti-ferromagnetiske forbindelser med forskernavn som R. Pepinsky, G. Shirane, C. Frazer, L. Corliss, W.C. Koehler, J. Hastings osv. Dynamiske og kritiske studier ble utført av T. Riste i Norge og B. Jacrot i Frankrike. I 1955 ble den første reaktoren i Grenoble startet opp. Seinere kom også andre reaktorer. I 1963 ble det lagt fram forslag om en fransk/tysk høyfluksreaktor der professorene L. Neél og H. Maier-Leibniz sto bak. Etter en del tautrekking ble det avgjort at reaktoren skulle bygges i Grenoble, og Institute Max von Laue - Paul Langevin ble grunnlagt. Reaktoren sto ferdig i 1971 i en meget moderne utførelse. En hadde tatt hensyn til en rekke nye ideer, slik som tangensielle beamkanaler, nøytronledere og nyutviklede instrumenttyper. I 1973 sluttet også Storbritannia seg til forskningssamvirket. Reaktoren har vært en suksess, og alle land i Vest Europa tar nå del i eksperimentene der. Apparaturen oppdateres og forbedres fortløpende. For tida disponerer en 35 forskjellige instrumenter. Et nytt spinn ekko spektrometer med ultra høy oppløsning er under konstruksjon. Det samme er et nytt småvinkelspredningsapparat og en tilbakespredningsinstrument. Det kommer svært mange gode forslag og søknader om bruk av instrumentparken, men ca 30% av dem avvises hvert år. Det er helst slike problemer som kan løses like godt ved en reaktor med lavere nøytronfluks. Den nye europeiske synkrotron strålings "lyskilden" er nå under bygging like ved høyfluksreaktoren. De to store anleggene vil gjensidig supplere og forsterke hverandre fordi mange fysiske problemer kan belyses bedre ved å benytte både nøytronspredning og røntgenspredning. Disse to forskingsmetodene har nå gått sin seiersgang over hele verden og er blitt uunnværlige i fysisk forsking. Som eksempel på nye resultater nevnte Bertaut at en nå hadde målt elektrontetthetsfordelinger som viste antibonding orbitaler.

Programmet videre under konferansen avspeilet nettopp bredden og dybden av den forsking som drives over hele verden innafor nøytronspredning. Dette er en meget god og slagkraftig måte å løse problemer innafor kondenserte fasers fysikk, materialvitenskap, magnetisme, kjemi, biologi og kjernefysikk. Nøytronet er som navnet sier, en nøytral elementærpartikkel og er samtidig både en partikkel og en bølge. I tillegg har det magnetisk moment.

På konferansen var det spesialsesjoner innafor emner som kvasikrystaller og uordnede systemer, faseoverganger, supraledere, lavdimensjonale uordnede systemer, undersøkelser innafor polymerfysikk, biologi og metallisk magnetisme (se FFV no 3, 1988). Det var også en sesjon om ny apparatur; her var foredragene om de nye instrumentene og målemetodene rundt de nye pulsede nøytronhøyflukskildene i England og Los Alamos særlig interessante. I Oak Ridge planlegges en superreaktor, "The advanced neutron source", som skal realiseres i slutten av 1990-åra. Vi fikk faktisk en liten titt inn i det neste århundret. Ellers har flere reaktorsentre utført store utvidelser, både instrumentmessig og bygningsmessig (NBS, Washington D.C.) eller de har umiddelbare planer om dette (BNL, N.Y.).

I tillegg til hovedsesjonene var det hver ettermiddag plakatsesjoner der forskerne viste fram og forklarte sine forskingsresultater etter selvbetjeningsprinsippet. Her var det mulig å få direkte kontakt med kolleger i feltet, utveksle erfaringer og få forklart dunkle punkter ved forsøksoppstilling eller analyse av data. Foredragene på konferansen vil bli trykt i et spesialnummer av Physica B (North Holland Publ. Co.).

Den siste dagen, 14. juli, var naturligvis preget av den franske nasjonaldagsfeiring med militærparade, dans i gatene og stort fyrverkeri. Om kvelden den dagen var alle konferansedeltakerne invitert til et stort hageselskap ved slottet i Vizille, en by like syd for Grenoble. Allerede året før stormen på Bastillen i Paris var det uroligheter i Grenoble der kongens militære utsendinger ble utsatt for et taksteinsbombardement, "le jour des tuiles", slik at de overgav seg og kongen måtte moderere seg. Denne misnøyen med kongediktaturet bredde seg så over hele landet og kulminerte året etter med fengselsstormingen i Paris 14 juli 1789. Etter taksteinsslaget ble det sommeren 1788 holdt et slags lokalt stormannsmøte nettopp i slottet i Vizille. Disse hendingene var de meget stolte av i Grenobleområdet, og slottet var nå omgjort til et offisielt revolusjonsmuseum.

Olav Steinsvoll

∞

Studer FYSIKK

Norsk Fysikkråd

Årsberetning 1988 vedtatt på årsmøtet 6. januar 1989

Norsk fysikkråds nye vedtekter som ble vedtatt på årsmøtet 14. juni i fjor, trådte i kraft 1. januar i år. Vedtektene er i sin helhet gjengitt i Fra Fysikkens verden 50, 27 (1988). Fysikkrådet er i følge vedtektene redusert fra 21 til 11 medlemmer, og det tidligere styre er avviklet slik at nå innkalles hele Fysikkrådet til møtene. Den nye ordningen har virket meget tilfredsstillende i løpet av året.

Fysikkrådet har hatt fire ordinære møter i 1988, 19. januar i Oslo, 12. april i Bergen, 12. juni i Oslo og 11. oktober i Trondheim. Et ekstraordinært møte for å sluttbehandle uttalelsen om Med viten og vilje NOU, 1988:28 og For et lærerrikt samfunn, NOU 1988:32 ble avholdt 21. november i Oslo.

Medlemmene av Fysikkrådet er: Aasmund Gjeitnes, Ingerid Hiis Helstrup, Halvor Hobæk, Vidar Horsfjord, Hallstein Høgåsen, Haakon Olsen, Evind Osnes, Tormod Riste, Helge Skullerud, Jan-Erik Solheim og Per Vold. I 1988 har Haakon Olsen og Jan-Erik Solheim vært henholdsvis formann og nestformann.

Fysikkrådet har behandlet følgende saker:

1. En undersøkelse av emnegrupper i fysikk ved norske universiteter.
2. Arrangement av seminar om "Fysikk i skolen".
3. Uttalelse om NOU 1988:28 Med viten og vilje
4. Uttalelse om NOU 1988:32 For et lærerikt samfunn

Emnegrupper i fysikk

Etter initiativ fra Fysikkrådet har Hans Kolbenstvedt laget en oversikt over undervisningen i 20-grupper i fysikk ved universitetene. Denne er publisert i Fra Fysikkens Verden nr. 2, 1988. Fysikkrådet arbeider videre med spørsmål som angår videregående emner og hovedoppgaver.

Seminar om fysikk i skolen

Etter initiativ fra Vold tar Fysikkrådet sikte på å arrangere et seminar om "Fysikk i skolen" basert på støtte fra Statens Lærerkurser. En regner med ca. 50 deltakere fra den videregående skole og ca. 20 deltakere fra universitetene.

Uttalelsen om "Med viten og vilje"

NOU 1988:28 "Med viten og vilje" (Hernes-komiteens utredning) tar opp en rekke spørsmål som er sentrale i Fysikkrådets arbeid. Fysikkrådet har avgitt en uttalelse der lærerutdanningen i den videregående skole drøftes, der høyere utdanning kommenteres både med hensyn til undervisning, studentmobilitet og studiefinansiering og der universitetenes organisering av studiet tas opp til vurdering - det gjelder forslaget om forskerakademier, om nasjonal arbeidsdeling og om internasjonalt samarbeid. Fysikkrådet har til dels kritiske bemerkninger til noen av utvalgets forslag og peker på den manglende omtale av internasjonalt samarbeid som er særlig viktig for et fag som fysikk. Men Fysikkrådet har generelle positive kommentarer: "Norsk Fysikkråd ser på innstillingen som et viktig bidrag til å gjenskape respekten for og vektleggingen av *kunnskap og kvalitet* innenfor hele utdannings- og forskningssystemet. Dette er en nødvendig forutsetning for en positiv samfunnsutvikling i Norge. Fysikkrådet er enig i utvalgets syn og vil fremheve at en bærekraftig utvikling krever økt vekt på forskning og undervisning innenfor et bredt fagspektrum".

Utdrag av Fysikkrådets uttalelse vil bli trykket i Fra Fysikkens Verden.

Uttalelse om "For et lærerrikt samfunn"

Utredingen NOU 1988: 32 "For et lærerrikt samfunn" tar for seg lærerutdanningen ved de pedagogiske høgskoler og ved universitetene. Fysikkrådet har etter Kultur og vitenskapsdepartementets ønske konsentrert sine kommentarer til innstillingen omkring konkrete forslag til tiltak, særlig de forslag som angår matematikk og fysikk. Fysikkrådet støtter utredningens forslag om at også universitetene skal ta ansvar for lærerutdanning, også når det gjelder grunnskolens ungdomstrinn. Fysikkrådet er derimot betenkt over forslaget om å utvide hovedfagsmulighetene ved de pedagogiske høgskolene, og peker på at dette står i motstrid til Hernes-utvalgets innstilling. Likevel mener Fysikkrådet at undervisningen også ved de pedagogiske høyskolene må være forskningsbasert og er enig med utvalget i at det særlig er den med skolerettede forskning som må stimuleres, her blir det understreket at den fagbaserte skolerettede forskning knyttet til realfag må få vesentlig større oppmerksomhet.

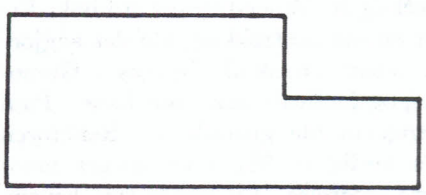
Fysikkrådet har under drøfting følgende saker: Aldersfordeling og rekruttering til stillinger i fysikk ved våre universiteter, planlegging av en workshop eller konferanse om betydningen av grunnforskning i fysikk for samfunnet, for næringsliv eller industri. I samarbeid med Norsk Fysisk Selskap har Fysikkrådet drøftet norsk arrangement av Fysikkolympiaden.

Haakon Olsen
Jan Erik Solheim

Trim i FFV

FFVT 2/89

a) Hvorledes kan du med en (ugradert) linjal konstruere tyngdepunktet av den rettvinklede homogene metallplata i figuren?



b) To kuler ser helt like ut, men den ene er hul. Kulene som ikke må ødelegges er laget av slike materialer at de veier like meget. På bordet ditt har du en ultralydgenerator, to multimetre og en vekt. Angi hvorledes du vha dette lett kan finne ut hvilken kule som er hul.

Løsning FFVT 1/89

Dørstopperen settes best slik at belastningen på hengslene blir minimal

når døra slås opp. Det er tilfelle dersom dreieimpulsen om stopperen er null (uten bidrag fra kraft via hengslene). La stopperen stå i avstand a fra hengslene og la dørbredden være b. Da farten er proposjonal med avstanden x fra hengslene balanserer dreieimpulsen når

$$\int_0^b dx\ x(x-a) = 0.$$

Det gir

$$\frac{1}{3}b^3 - \frac{1}{2}b^2 a = 0$$

eller

$$a = \frac{2}{3}b,$$

som forutsagt.

(For en dørstopper plassert på gulv eller i tak vil det bli ulik belastning på øvre og nedre hengsel, og en vil få motsatt rettede krefter på hengslene).

∞

Nytt fra NFS

Kondenserte fasers fysikk

Til medlemmer av faggruppa for kondenserte fasers fysikk: Det vil bli arrangert et møte på Rondablikk hotell, Kvam, i dagene 22 - 23 - 24 september 1989. Møteprogrammet er ennå ikke helt fastlagt, men vil etter planene omfatte 3 - 4 oversiktsforedrag og korte innlegg av møtedeltakerne. Nærmere orientering vil komme om noen uker.

Nye medlemmer

Nye medlemmer tatt opp på styremøtet 2 mai 1989:

Forsker Trond Aukrust
IBM Bergen Scientific Centre
Thormøhlensgate 55
5008 Bergen

Adjunkt Ingelin Clausen
Johan Svendsensgt. 5
0478 Oslo 4

Stipendiat Asgeir Bardal
Institutt for Fysikk
7034 Trondheim-NTH

Cand.Scient. Liv Furuberg
Fysisk Institutt
Universitetet i Oslo
Boks 1048 Blindern
0316 Oslo 3

Cand.Mag. Torbjørn Frøystein
Fysisk Institutt
Universitetet i Bergen
Allegt. 55
5007 Bergen

Lektor Arne Auen Grimnes
Møglestu Videregående Skole
4790 Lillesand

Programmerer Diana Gulldis Hagevang
Datanettavd., Ericsson Telecom
Bergerveien 8
1361 Billingstad

Forsker Anne Elise Steen Hansen
Avd. Med. Fys. og Teknikk
Radiumhospitalet
Montebello
0310 Oslo 3

Overing. Ester K. Hasle
Institutt for Fysikk
7034 Trondheim-NTH

Student Olav Gaute Hellesø
Michael Krohnsgate 42
5038 Solheimsvik

Forsker Jens Madsen Houlrik
IBM Scientific Centre
Thormøhlensgate 55
5008 Bergen

Cand.Mag. Øyvind Isaksen
Fysisk Institutt
Universitetet i Bergen
Allegt. 55
5007 Bergen

Cand.Mag. Bente Lie
Fysisk Institutt
Universitetet i Bergen
Rom 503
5007 Bergen

EDB-konsulent Grete Maus
Eksportfinans
Dronning Maudsgate 15
0287 Oslo 2

Cand.Mag. Frank Melandsø
Nordlysobservatoriet
Boks 953
9001 Tromsø

Student Toril Myrtveit
Kong Olavsgate 20
7017 Trondheim

Forksningssjef Paul Narum
Forsvarets Forskningsinstitutt
Boks 25
2007 Kjeller

Amanuensis Øystein Olsen
Fysisk Institutt

Universitetet i Bergen
Allegt. 55
5007 Bergen

Lektor Ingvild Kristine Roald
Bjørkåsen Videregående senter
for hørselshemmede
5050 Nestun

Forsker Tone Dorthea Selnæs
Senter for Industriforskning
Boks 124 Blindern
0314 Oslo 3

Lektor Anne-Gunn Kvello Stenstrøm
Stovner Videregående Skole
Stovner Senter 34
0985 Oslo 9

Forsker Tove Irene Strand
SINTEF Avd. 67
7034 Trondheim-NTH

Stipendiat Erik Søndenå
Fysisk Institutt
Universitetet i Bergen
Allegt. 55
5007 Bergen

∞

Husk Fysikermøtet!

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

Leder:

Professor Eivind Osnes,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Nestleder:

Professor Ove Havnes,
Institutt for matematiske realfag,
Universitetet i Tromsø.

Styremedlemmer:

Førsteamanuensis Torgeir Engeland,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.
Førsteamanuensis Johan Stadsnes,
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.
Professor Haakon A. Olsen,
Fysisk institutt, Universitetet i
Trondheim/AVH.

Selskapets sekretær:

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

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Førsteamanuensis Øivin Holter,
Førsteamanuensis Finn Ingebretsen,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Redaksjonskomité:

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

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt,
Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern,
0316 Oslo 3.
Tlf.:(02) 45 64 28
Fax.:(02) 45 64 22

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

Postgirokonto: 5 10 47 24
Bankgirokonto: 6094.05.40227