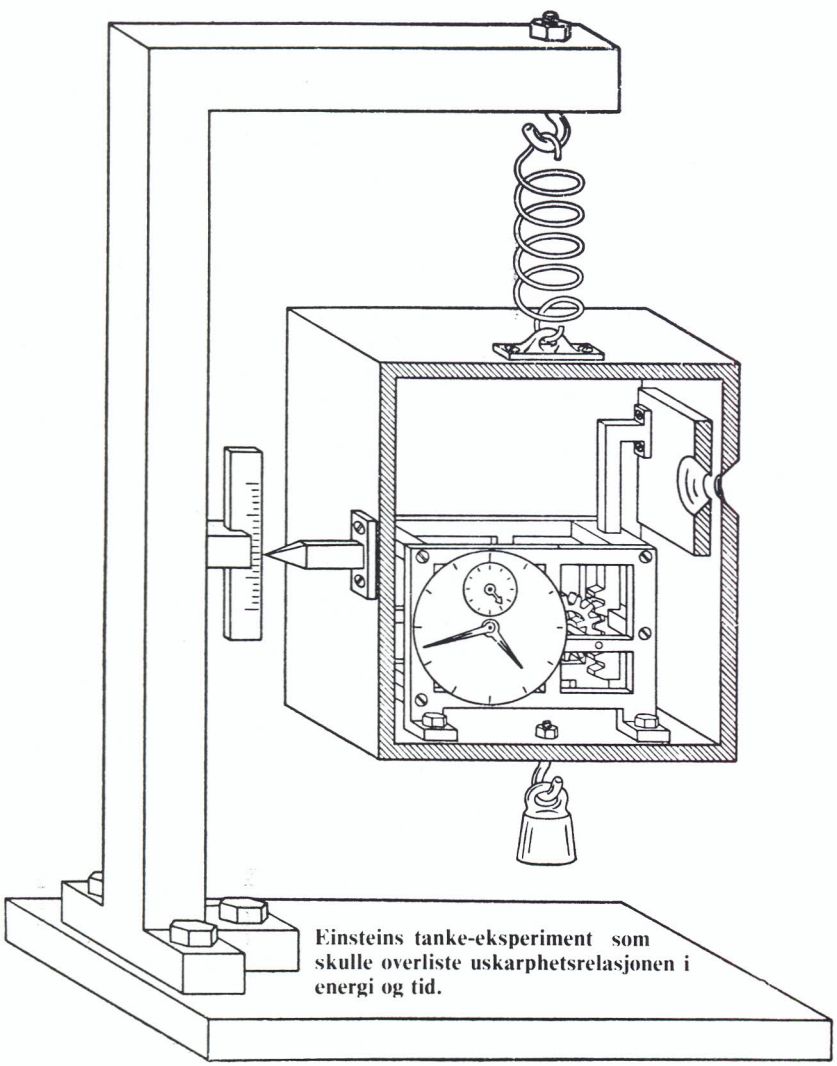
Fra Fysikkens Verden

Nr.4 - 1987
49. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Tor I. Langeland



Einsteins tanke-eksperiment som skulle overliste uskarphetsrelasjonen i energi og tid.

Innhold

Harald Andås og Kristoffer Gjøtterud:
Kvanteteorien – Er den fullstendig? 76

Jan Brage Gundersen:
Galilei og Kirken – Hva var anklagen? 83

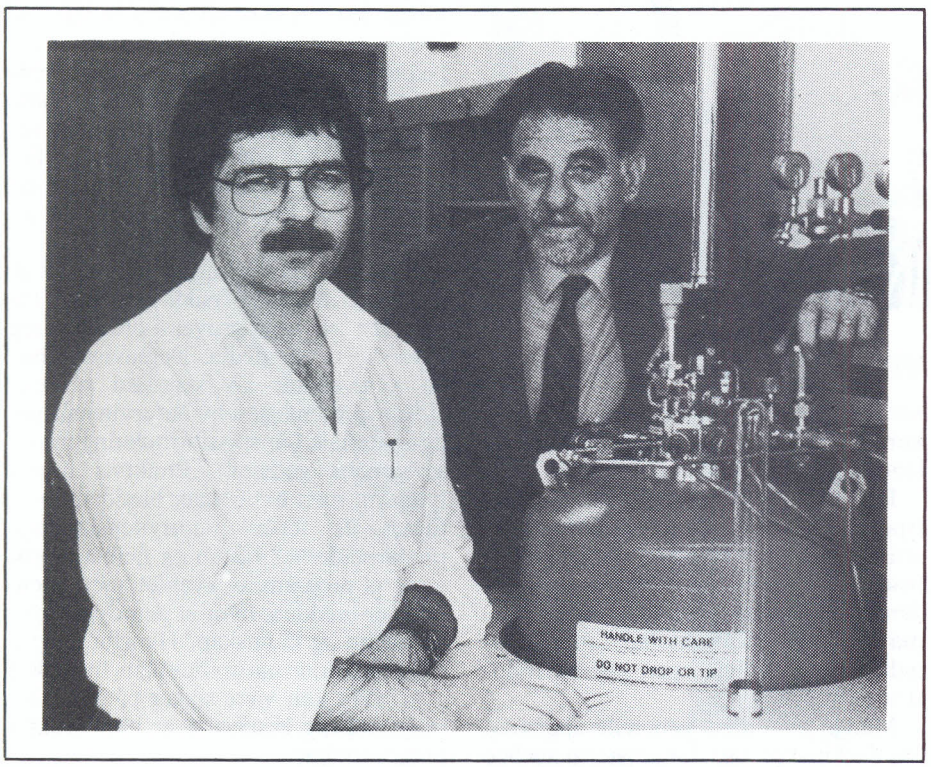
Bertel Grimeland:
Kan vi forstå alt? 87

Nobelprisen i Fysikk 1987 74
Jubiléer 74
FFV-Panelet: **Anders Johnson** 75
Indeks 1987 83
Bok-Kronikker: 88
S. Skavlem: Bak tid og rom
K. Rypdal: APS-rapport om SDI
Konferanser 91
Supraledning, Genova
Trim iFFV 93
Nytt 93
Dr. philos i fysikk
IUPAP – nytt
Bokomtaler 93
Nytt fra NFS 94
Fysikermøtet 1988
Nye medlemmer

ISSN-0015-9247

NOBELPRISEN I FYSIKK 1987

Nobelprisen i fysikk for 1987 ble tildelt *J. Georg Bednorz* **(37) og** *K. Alex Müller* **(60) for «oppdaginga av supraleiing i keramiske materiale». Dei arbeider begge ved IBM-forskingslaboratoriet i Rüschlikon ved Zürich og publiserte arbeidet hausten 1986[1]. Sjeldan eller aldri har vel Nobelkomitéen kome nærare målsettinga å gje prisen for arbeid utført siste år.**



Alle fysikarar kjenner no oppdaginga til prisvinnarane, at lanthan-bariumkoppar-oksid kan vere supraleiande opptil 35K[2-4]. Dette gav startsignalet til eit forskar-ræs utan like. Dei fleste er på jakt etter materiale som er supraleiande til romtemperatur, andre nøyer seg med å finne ei forklaring på eller mekanismen for høg-temperatur supraleiing.

Alex Müller hadde ein arbeidshypotese for dette forskingsprosjektet og *Georg Bednorz* hadde dei krystall-kjemiske kunnskapene som trengdest for å starte prosjektet. *Müller* har i fleire år arbeidd med strukturelle faseovergangar i perovskittar, isolerande oksid av typen ABO3. Fleire norske forskarar i Oslo, Kjeller, og Trondheim hadde nær kontakt med han i dette arbeidet, og kjenner difor elementa i hypotesen hans. Men berre *Müller* hadde fantasien og motet til å kombinere desse elementa. *Müller* har fleire gonger vore med på NATO-kursa på Geilo, og i ei av bøkene[5] der kan vi faktisk finne alle elementa omtala. *Müller* har særleg vist til teoretiske idear han plukka opp frå *Bilz* og medarbeidarar i Stuttgart og frå *Thomas* og medarbeidarar i Basel. Bilz har vist at mekanismar som fører til elktronfonon kopling også fører til strukturelle faseovergangar av mjuk-fonon type, og at begge desse effektane tilsaman gir høgtemperatur supraleiing. *Thomas* viser at Jahn-Teller effekten, ei kopling mellom gitterdeformasjonar og elektroniske frihetsgrader, fører til strukturelle faseovergangar. Som døme på Jahn-Teller ioner, nemner han Cu^{2+} og Ni^{2+} i perovskittar.

Det var nettopp denne typen av materiale *Bednorz* og *Müller* tok til å arbeide med i 1983. *Müller* hadde året før fått stilling som IBM-fellow, og kunne difor drive fri forsking. Driftskostnadene til prosjektet har til no vore på ca. 80 000 Sv.Fr., altså relativt billeg forskning.

I Rüschlikon arbeider omlag 170 personar med grunnforsking og anvendt forsking, for det meste i fysikk. I fjor gjekk også Nobelprisen i fysikk til dette laboratoriet, til *Binnig* og *Rohrer* for utviklinga av tunnelingmikroskopet. Også dette var resultatet av eit samarbeid mellom ein eldre og ein yngre forskar, med bakgrunn i grunnforskning. La oss vone at dette blir lagt merke til, også av norske forskingspolitikarar.

Referanser

1. J.G. Bednorz og K.A. Müller, Z. Phys. **B64**, 183 (1986).
2. K. Fossheim, Fra Fysikkens Verden **49**, 19 (1967).
3. O. Steinsvoll og J.L. McCauley, Fra Fysikkens Verden **49**, 43 (1987).
4. O. Steinsvoll, Fra Fysikkens Verden **49**, 90 (1987).
5. T. Riste (red.), *Electron-Phonon Interactions and Phase Transitions*, Plenum Press, 1977.

Tormod Riste

∞

Jubiléer

Erwin Schrödinger 100 år

I Østerrike flommer dagsaviser i år over av artikler om *Erwin Schrödinger*; 100 år er gått siden han den 12. august 1887, ble født i Wien. Han ble professor i fysikk i blant annet Stuttgart og Breslau, Zürich og Berlin (i 1927, som etterfølger til Planck). I 1933 forlot han Tyskland etter nazistenes inntog. Han kom til Oxford, Graz, Dublin etc.. I 1961 tilbake i Wien, døde han.

Man er i Østerrike stolt av *Erwin Schrödinger* fysiker, forfatter, filosof og dikter. Bildet viser en del av en konvolutt som ble utgitt i anledning jubiléet. Frimerket, men kanskje ikke minst stemplet med «det 20. århundredets mest karakteristiske vitenskapelige ligning» i en symbolsk bølgeramme, kan minne oss om *Schrödingers* innsats. Det er bare 60 år siden han utviklet bølgemekanikken (1926-27)!

A. Johnsson

∞

Gerd Jarrett 60 år

Norsk Fysisk Selskaps dyktige sekretær gjennom en årrekke, *Gerd Jarrett* fylte 60 år 26. august. Gerd gjorde sin entré blant norske fysikere, da hun begynte som sekretær i Fysikkavdelingen ved Institutt for Atomenergi (senere Energiteknikk) i 1962. Hennes kontaktflate til norsk og internasjonal fysikk ble ytterligere utvidet, da hun i 1969 ble sekretær i Norsk Fysisk Selskap. I hele 18 år har hun således vært selskapets faste adresse og har sørget for kontinuitet og orden i selskapets arbeid. Hun kjenner nær sagt alle norske fysikere og føler omsorg for deres ve og vel. Hun deltar på alle Fysikermøter og ved en rekke symposier. Som kurssekretær ved IFE er hun bl.a. primus motor ved de internasjonale skolene som arrangeres på Geilo annet hvert år innenfor kondenserte fasers fysikk, og hun har oppnådd ry som en hyggelig og effektiv sekretær.

Vi har sikkert alle medlemmene i NFS med oss, når vi ønsker Gerd hjertelig til lykke med 60-års dagen.

Eivind Osnes
Tormod Riste

∞

Husk

Kontingenten!

FFV-Panelet: Anders Johnsson

VITENSKAP OG PUBLIKUM

Kontakten mellom vitenskap og publikum er av vital interesse for ethvert land, og Norge er ikke noe unntak.

Den generelle forståelse for vitenskap (spesielt naturvitenskap) i et land er vesentlig for landets industri. Ikke bare arbeideren på gulvet, men også industrilederen, markedsføreren, aksjeeieren osv. må ha klart for seg hvilken enorm betydning naturvitenskapen har for industrien.

Mange av tidens generelle spørsmål har tekniske og naturvitenskapelige komponenter i seg: medisinsk-tekniske behandlinger, arbeidsledighet, industrinedlegginger, prøverørsbefruktning etc.. Beslutninger må tas i vanskelige spørsmål. Beslutninger i saker der publikum har god bakgrunnskunnskap blir bedre enn når kunnskapen savnes selv om man jo ikke kan garantere at de riktigste beslutningene alltid blir tatt!

Kunnskaper om risiko og usikkerhet er en del av den hjelp vitenskapen kan gi til publikum. Kjernekraftanlegg, hastighetsgrenser, medisinske helseprogrammer betyr igjen vurderinger av risikoer. Det fins ikke null risiko i vaksineringsspørsmål, det finnes ikke null risiko for å få et barn uten genetiske defekter. Rent personlige beslutninger kan også være basert på vitenskapelige resultater. Ens holdninger til sikkerhet i hjem eller bil, diett, røyking, vaksinering, medisinske screening-program etc. farger valgsituasjoner, der den enkelte borger vil ha hjelp av en bedre vitenskapelig bakgrunn. Som eksempel kan jeg sitere fra et senere referert dokument: «hvor mange mennesker innser at av 1000 unge personer som røyker sigaretter regelmessig, så kommer i middelverdi én til å bli myrdet, seks til å dø i trafikkulykker og 250 til å dø altfor tidlig fordi de har røkt sigaretter?»

Vitenskap er også kultur

Vitenskapens store kunnskapserobringer har dype virkninger på vår kultur – publikum bør raskt få del i de landevinninger som daglig kommer fram. For tiden er det kanskje resultater innen medisin/biokjemi/biofysikk som med full tyngde preger samfunnet. Man trenger saklig informasjon om hvor vitenskapen står. Og i tillegg: den naturvitenskap som vi arbeider innen og som vi er så glad i trenger å bli kjent av publikum for at vi alle skal ha en felles kulturell basis, et utgangspunkt for vår utvikling og vårt fellesskap. Naturvitenskapen er ikke en isolert del av livet, ikke en isolert del av vår kultur.

Man kan dessverre få inntrykk av at naturvitenskap og fysikk er adskilt fra kulturen når man prøver å orientere seg i norske massemedia. Dagsavisene har en forbløffende lav standard når det gjelder presentasjon av naturvitenskapelig materiale (en spissformulering fra en avisomans godstol!). Punktvis finnes lysglimt, men hvor ligger bredden, hvor finnes de flinke, naturvitenskapelige medarbeiderne? Radio og fjernsyn prøver å gi program av kvalitet, men igjen: hvor er bredden, hvor er den dypere penetrasjon og kunnskap? Hvorfor lengter man slik etter naturvitenskap fra BBC? – jo, man kan være sikker på at naturvitenskapelig ekspertise er blitt brukt i programmene.

For omtrent 10-15 år siden var situasjonen i svenske massemedia nesten like dårlig som den nåværende norske, men situasjonen der er blitt klart bedre. Flere svenske dagsaviser har nå en ukentlig side med naturvitenskapelig stoff, lagt til rette for publikum av kyndige medarbeidere.

Eksempel fra England

Er dette en isolert norsk frustrasjon, en fysikerfrustrasjon (fysikken kommer oftest ikke godt ut av dagens nyhetsbilde)?

Nei, det er ikke tilfellet. I England nedsatte The Royal Society et *ad hoc* utvalg, som bekymret diskuterte forholdet mellom vitenskap og publikum i Storbritannia. «The Public Understanding of Science» heter utvalgets rapport som kom ut i 1985 (Royal Society, ISBN O 85403 2576). Jeg har fritt tillatt meg å sitere deler av den i avsnittene ovenfor.

Jeg tror den kan ha noe å si også for norske forhold.

Man tar i rapporten opp mangelen på «science» også i lavere utdannelse i skolen (og hvor skulle man bedre enn i Norge trenge folk med vitenskapelig bakgrunn i arbeidet med mønsterplaner og fagplaner? iblant gjør arbeidet med det viktige spørsmålet om naturvitenskapene i våre norske skoler et amatørmessig inntrykk). Rapporten tar opp massemedias problemer med å formidle vitenskap, industriens mangel på interesse for å presentere vitenskap for publikum, muséenes og bibliotekenes rolle, de offentlige forelesningene etc.. Man presenterer en lang liste anbefalinger og synspunkter. De fleste kan direkte overføres til norske forhold. Og på enkelte punkter tror jeg vitenskapen har mindre kontakt med publikum hos oss en hva som er tilfellet i Storbritannia.

Rapporten anbefaler Royal Society å støtte individer eller organisasjoner som arbeider for å gi publikum informasjon om vitenskap. Man bør ordne presseseminarer, man anbefaler selskapet å ha en komité for «public understanding of science». Det er anbefalinger som ikke bare Royal Society, men også RNF, Rådet for Naturvitenskapelig Forskning i NAVF, og NTNF (som jo faktisk ikke bare har ansvar for teknikk, men også for naturvitenskap!) bør drøfte for egen regning. Jeg kan godt ta med Norsk Fysisk Selskap i denne sammenheng. Og selvfølgelig: alle våre massemedia burde gå gjennom rapportens 40 lettleste sider.

Som en start kunne man, f.eks., trenge en skikkelig kartlegging av hvordan det norske publikum får sin (beskjedne) informasjon om naturvitenskap. Det er en oppgave for NAVFs utredningsinstitutt!

Om å trekke sammen

Vi som forvalter en del naturvitenskapelig kunnskap bør se på vår egen rolle i det nødvendige arbeidet med å gjøre naturvitenskapen kjent. Situasjonen er nemlig bekymringsfull. Vi skal bygge opp en rekruttering til naturvitenskapen og til fysikken på bred basis i en tid da årskullene minker og kort utdanning med kortsiktige gevinster frister, samtidig som behovene for høyt utdannet personell bare øker.

Bare ved en felles anstrengelse kan vi få naturvitenskapen fram til det norske publikum og til norske politikere. Bare slik kan vi etter hvert få økt forståelse for hva naturvitenskapen kan tilby og bety. Og bare slik kan vi etablere en effektiv «motild» rettet mot kvakksalveri, humbug, juks og astrologi som våre massemedia og vår ukepresse er så fulle av. Igjen et sitat: «*but our most direct and urgent message must be to the scientists themselves: Learn to communicate with the public, be willing to do so and consider it your duty to do so*».

∞

Kvanteteorien – Er den fullstendig?

*Harald Andås og Kristoffer Gjøtterud**

Kvanteteorien er – etter å ha vært fysikernes «eiendom» i mer enn et halvt århundre – kommet i almenhetens fokus, og benyttes nå som «grunnlag» for fantasifulle «spekulasjoner». Nyere eksperimentelle resultater har ført nye momenter til Bohr – Einstein debatten, og styrket tiltroen til Kvanteteorien.

Kvantenaturen av et fysisk system manifesterer seg ikke åpenbart i hverdagen for den som ikke er vel fortrolig med kvantefysikk. Men for kvantefysikeren, vil selve stabiliteten av materialene i arbeidsbordet være en manifestasjon av bordets kvantenatur.

Naturens kvantestruktur var en godt bevart hemmelighet helt til begynnelsen av dette århundre. Ikke bare var kvantestrukturen vanskelig å få øye på som fenomen, men de forestillingene fysikerne hadde dannet seg om naturen opp til slutten av forrige århundre ga simpelthen ikke rom for noen kvantestruktur. Riktignok begynte Demokrits filosofiske spekulasjoner om alt stoffs minste, udelelige byggestener å få et mer konkret innhold, f.eks. i statistisk fysikk for gasser, men dette førte ikke til at det ble satt spørsmålstegn ved naturens grunnleggende kontinuumskarakter.

Det ble stilltiende forutsatt at utviklingen av et fysisk system i rom og tid kunne beskrives ved differensialligninger og fastlegges med ubegrenset nøyaktighet ved randbetingelser i en avgrenset del av rommet ved et bestemt tidspunkt. Dette var idealet for en kausal beskrivelse. Den statistiske mekanikk representerte ikke noe prinsipielt brudd med dette ideal, men var en metode til å beskrive vesentlige egenskaper ved et system av mange partikler uten kjennskap til partiklenes randbetingelser. At det er praktisk umulig å observere randbetingelsene ved et gitt tidspunkt for alle partiklene og å beskrive hver enkelt partikkels bevegelse i et system hvor antallet partikler er av størrelsesorden Avogadros tall, betyr ikke i denne sammenheng at det er prinsipielt umulig.

I sitt forsøk på å forstå den spektrale intensitetsfordelingen av den elektromagnetiske strålingen fra et hulrom på grunnlag av termodynamikk, elektrodynamikk og statistisk mekanikk, ble Max Planck tvunget til å anta at utvekslingen av energi mellom stoff og strålingsfelt skjer i endelige sprang proporsjonale med strålingens frekvens for å få overensstemmelse med det eksperimentelle spektrum. Proporsjonalitetskonstanten bærer hans navn.

Det sto ikke umiddelbart klart for Planck eller hans samtidige at antagelsen av energiutvekslingens diskrete natur representerte et brudd med det som var tidens anerkjente fysikk. De statistisk-mekaniske resonnementene var ikke tilstrekkelig gjennomsiktige til å se det.[1] Først etter en lang prosess innså Planck

> «*at energikvantiseringen betydde et radikalt brudd med statistisk mekanikk så vel som med hans øvrige teoretiske grunnlag.*»[2]

Til denne prosessen ga Albert Einstein vesentlige bidrag.[3] Einstein påviste

> «*at våre teoretiske anskuelser av i dag med nødvendighet fører til Jeans' strålingslov*»

og at denne loven er uforenlig med den eksperimentelle spektralfordeling av hulroms-strålingen.[4]

Etterhvert ble det vanlig å omtale det teoretiske grunnlaget Einstein refererte til som «våre teoretiske anskuelser av i dag» som «klassisk» fysikk.

Einstein hadde ikke bare intellektuell klarhet til å påpeke at kvantiseringen av energiutvekslingen mellom

*Fysisk institutt,
Universitetet i Oslo.

strålingsfeltet og veggene i hulrommet er et ugjenkallelig brudd med klassisk fysikk på dette fenomenområde, men hadde også intellektuelt mot til å foreslå at energien i strålingsfeltet selv er diskontinuerlig romlig fordelt og at de romlig lokaliserte energikvantene beveger seg, absorberes og emitteres uten å deles.[5]

Det lyktes Einstein, ved å kombinere enkle statistiske antagelser om sannsynligheten pr. tidsenhet for at et eksitert atom, spontant eller stimulert av det omgivende strålingsfelt i det aktuelle frekvensintervall, skal emittere et elementært strålingskvant og sannsynligheten for at et atom i grunntilstanden skal absorbere et elementært strålingskvant fra strålingsfeltet, med krav om termisk likevekt mellom atom og strålingsfelt, å utlede den samme avhengighet mellom strålingsfeltets energitetthet og den absolutte temperatur som er gitt ved Plancks stålingsformel.[6] Ved ytterligere å anvende Wiens forskyvningslov fulgte det eksplisitte uttrykket for Plancks strålingslov og dessuten den andre hovedregel i Bohrs atomteori: $e_n - e_m = h(\nu)$.

I samme arbeid viser Einstein at det ved emisjon og absorbsjon av et strålingskvant utveksles en impuls $h(\nu)/c$, dvs. at den elementære strålingsprosess er rettet.

Klarheten og slagkraften av argumentasjonen overbeviste Einstein om at han var på rett vei i forsøket på å forstå de elementære strålingsprosesser. Likevel uttrykker han uro over to forhold: teorien synes uforenlig med bølgeteorien for stråling, og tidspunkt og retning for elementærprosessen er overlatt til tilfeldigheten.

Einsteins uro utviklet seg til en sterk reservasjon overfor kvantemekanikken. Han hadde store betenkligheter med å godta at kvantemekanikken i så omfattende grad hadde gitt ankall på en årsaksbeskrivelse i rom og tid. Dette ga han uttrykk for i en rekke diskusjoner med Niels Bohr i slutten av 20-årene og begynnelsen av 30-årene. Niels Bohr har har gitt en samlet fremstilling av sine diskusjoner med Einstein i sin artikkel «Discussion with Einstein» i boken ALBERT EINSTEIN: Philosopher-Scientist fra 1949. Denne artikkelen vil bli stående som et sentralt verk i den mest dyptgående kunnskapsteoretiske kontrovers i vår tid. Einstein utfordret Bohr med tankeeksperimenter som dreide seg om spredning av elektroner eller fotoner gjennom hull eller spalter i skjermer. Einstein forsøkte med snedige forslag å avsløre at den kvantemekaniske beskrivelse ikke uttømte mulighetene for analyse av de observerte fenomenene og han insiterte på at undersøkelsen kunne føres videre ved et detaljert regnskap for energi- og impulsbalansen i eksperimentet. Bohr klarte hver gang ved snedig anvendelse av Heisenbergs uskarphetsrelasjoner å slå Einsteins forsøk tilbake. Selve ekstistensen av Plancks virkningskvantum utelukket et detaljert regnskap med energi- og impulsbalansen og en samtidig presis lokalisering i tid og rom. I det siste dramatiske høydepunkt i denne duellen trakk Einstein inn relativitetsteorien i forsøket på å overliste uskarphetsrelasjonen for energi og tid. Figuren på forsiden av dette hefte av Fra Fysikkens Verden viser Bohrs halvrealistiske skisse av Einsteins tanteeksperiment som går ut på å veie boksen før og etter at et foton slippes ut via en lukker.[7] Bohr slo Einsteins forsøk tilbake ved også å trekke inn Einsteins generelle relativitetsteori. Vi vil her bemerke at rødforskyvningen er nødvendig for at kvanteteorien skal være konsistent.

EPR – utfordringen

Selv om Bohr vant duellen med Einstein ved møtet i Solvay i 1930 om det tenkte veie-eksperiment,[7] slo Einstein seg ikke til ro. Gjennom en muntlig overlevering fra Ehrenfest til Bohr, nevnt i «Discussion with Einstein», vet vi at Einstein hadde sett nye muligheter for sitt veie-eksperiment: Kassens vekt bestemmes før fotonet sendes ut. Etter at fotonet er sendt ut kan en *velge enten* å gjenta veiingen *eller* å åpne kassen og sammenligne klokken med en standardklokke. Det betyr at en etter at fotonet har forlatt kassen kan *velge enten* om en vil bestemme fotonets energi *eller* bestemme tidspunktet da fotonet forlot kassen. Poenget er at den siste veiingen eller åpningen av kassen på noen måte kan vekselvirke med det utsendte foton. Det kan derfor gjøres skarpe forutsigelser *enten* om energien som overføres ved en eventuell absorbsjon av fotonet *eller* om tidspunktet for absorbsjonen. Einstein må ha tenkt at siden målingene ikke «forstyrrer» fotonet, må det, uavhengig av vårt valg av måling, kunne sies å ha en bestemt (skarp) energi og et bestemt (skarpt) ankomsttidspunkt. Siden kvanteteorien utelukker muligheten for at fotonet samtidig kan ha en skarp verdi for energien og en skarp verdi for tidskoordinaten, må Einsteins konklusjon bli at kvanteteorien er ufullstendig. Sammen med Boris Podolsky og Nathan Rosen publiserte Einstein en artikkel i Physical Review i 1935 med tittelen: «*Kan den kvantemekaniske beskrivelse av virkeligheten betraktes som fullstendig?*».[8] Her fremsettes det et virkelighetskriterium som i en generell form sammenfatter eksemplet ovenfor om fotonets energi og tidskoordinat:

> «*Dersom vi, uten på noen måte å forstyrre et system, kan forutsi med sikkerhet verdien av en fysisk størrelse, da eksisterer det et element av fysisk virkelighet svarende til denne fysiske størrelse.*»

I eksemplet ovenfor er energiverdien og ankomst-tidspunktet elementer av fysisk virkelighet svarende til de fysiske størrelsene energi og tid. EPR-artikkelen diskuterer den kvantemekaniske beskrivelsen av et sammensatt system og konkluderer med at den ikke kan være fullstendig siden den ikke samtidig kan gi skarpe verdier til kanonisk konjugerte fysiske størrelser.

Bohr følte seg sterkt utfordret av EPR-artikkelen og svarte først med en kort note i Nature: «*Kvantemekanikk og fysisk virkelighet*» og deretter med en artikkel i Physical Review[9] med samme tittel som EPR-artikkelen. Bohr påpeker at virkelighetskriteriets uttrykk «uten på noen måte å forstyrre et system» ikke er entydig. Det er riktig, som i eksemplet ovenfor, at fotonet ikke har vært utsatt for mekaniske påvirkninger under den siste fase av målingen.

> «*Men nettopp på dette stadium er det tale om en innflytelse på selve de betingelser som definerer de mulige typer forutsigelser om systemets oppførsel i fremtiden. Fordi disse betingelsene er et uunværlig element i beskrivelsen av ethvert fenomen som på konsekvent måte kan assosieres med uttrykket «fysisk virkelighet», ser vi at de nevnte forfatteres argumentasjon ikke rettferdiggjør deres konklusjon at den kvantemekaniske beskrivelse er vesentlig ufullstendig. Denne beskrivelse må tvertimot,..., karakteriseres som en rasjonell utnyttelse av alle muligheter for entydig interpretasjon av målinger forenlig med den endelige og ukontrollerbare vekselvirkning mellom objektene og måleinstrumentene på kvanteteoriens område som er betinget av virkningskvantet.*»

Alternative teorier

Siden Bohrs svar ikke klarte å overbevise Einstein om at hans motstand mot kvanteteorien bygger på uholdbare forutsetninger, fortsatte problemstillingene omkring kvantemekanikkens grunnlag å oppta ham. Da kvanteteoriens konsistens og fruktbarhet nå var blitt akseptert, var det nærliggende å prøve å utdype nærmere argumentet om teoriens, dvs. bølgefunksjonens, ufullstendige beskrivelse av det fysiske systemet. Allerede i 1936 utvikler han sin argumentasjon i en artikkel[10] hvor han nevner muligheten av at bølgefunksjonen bare kan gi en dekkende beskrivelse av et statistisk ensemble av elementære kvantesystemer, men ikke av et enkelt, individuelt system. (Dette skulle i hvert fall være mulig for de tilfellene som representeres av en tetthetsmatrise som ikke er en projeksjonsoperator).

Bølgefunksjonen for et kvantisk system ble innført i 1926 av E. Schrödinger[11], inspirert av L.de Broglies idéer, i et forsøk på erstatte Heisenbergs «diskontinium-teori» med en «kontinuum- teori»[12]. Da Born senere brukte Schrödingers egenverdimetode på en analyse av spredning av frie partikler på atomer, oppdaget han at de korpuskulære aspekter ved slike forsøk kunne beskrives ved å assosiere bølgefunksjonen med partikler ved å anta at kvadratet av bølgefunksjonen er et mål på sannsynlighetstettheten for å observere partiklene i et gitt romtidspunkt[13]. Dette ville være beslektet med Einsteins betraktning av forholdet mellom bølgefelt og lyskvanter: bølgene er bare der for å vise de korpuskulære lyskvantene veien og dette «spøkelsesfelt» bestemmer sannsynligheten for at et lyskvant skal ta en bestemt vei.[14] Det er likevel en avgjørende forskjell på Einsteins «spøkelsesfelt» og Schrödingers «bølger»: Einstein assosierte en bølge med hver partikkel mens Schrödingers bølgefunksjon er definert i konfigurasjonsrommet for alle partiklene på en gang.

I den «ortodokse kvanteteori» oppfattes bølgefunksjonen som en uttømmende beskrivelse av et individuelt system. Einstein så klart at hans tolkning av bølgefunksjonen som en representasjon av et statistisk ensemble var en sprengning av den «ortodokse teori»[15].

Ensembleinterpretasjonen

Ensembleinterpretasjonen har den fordelen at den unngår EPR-paradokset simpelthen ved at den i utgangspunktet ikke krever å være en fullstendig teori. Einstein aksepterte fullt ut slagkraften av kvanteteorien:

> «*Sannsynligvis har det aldri tidligere vært utviklet en teori som har gitt nøkkelen til forståelse og beregning av så forskjelligartede fenomener og observasjoner som kvanteteorien*».[16]

Men, som han uttrykker det samme sted,

> «*ufullstendigheten av teorien reflekteres i den statistiske natur (ufullstendigheten) av lovmessighetene*»

EPR-artikkelen viser at kravet om at bølgefunksjonen gir en fullstendig beskrivelse, er uforenlig med kravet om at de virkelige tilstander for romlig separerte objekter er uavhengige av hverandre. Einstein var ikke villig til å oppgi det siste kravet. Samtidig kunne ikke bølgefunksjonen, dvs. kvanteteorien, oppgis.

Det sto da bare den mulighet åpen for Einstein; å forsøke å omtolke bølgefunksjonen. Dette gjør han i en artikkel om «Fysikk og virkelighet» publisert i *Journal of The Franklin Institute* i 1936 og i sin artikkel «Reply to Criticisms» i boken *ALBERT EINSTEIN : Philosopher-Scientist* fra 1949. Det dreier seg om antydninger av en tolkningsmulighet for bølgefunksjonen. Einstein diskuterer et system som ved et gitt tidspunkt er i en tilstand representert av en bølgefunksjon. Denne bølgefunksjonen er en egenfunksjon til en operator for en dynamisk variabel med et diskret spektrum. Ved et senere tidspunkt utvikler den seg kausalt i følge Schrödingers ligning til en bølgefunksjon som er en superposisjon av egenfunksjonene tilhørende det nevnte spektrum. En måling på systemet av den dynamiske variable, ved dette tidspunkt, vil gi en av egenverdiene tilhørende en av komponentene i bølgefunksjonen som resultat, og Einstein spør seg om den superponerte bølgefunksjon representerer en virkelig tilstand for systemet. Den «ortodokse kvanteteori» svarer «ja» og beskriver måleprosessen som en ikke-kausal «reduksjon» av bølgefunksjonen. Kvadratet av amplituden foran egenfunksjonen til den målte egenverdi gir den statistiske frekvens for å observere samme resultat ved måling på et stort antall identiske systemer preparert på samme måte. Før målingen finner sted vil systemet, i følge den «ortodokse teori», ikke ha en skarp verdi for den dynamiske variable. Dette var en umulig tanke for Einstein:

> «*Når, bortsett fra bestemte spesielle tilfeller, bølgefunksjonen bare gir statistiske utsagn om målbare størrelser, så beror det ikke bare på det faktum at måleprosessen introduserer ukjente elementer som bare kan representeres statistisk, men også på det at bølgefunksjonen overhode ikke beskriver et enkeltsystem*»[17].

Den dynamiske variable som Einstein diskuterer i sitt eksempel er *energien* og den «må ha en veldefinert bestemt verdi»[18]. Derfor kan den superponerte bølgefunksjon, i følge Einstein, ikke svarer til en virkelig tilstand for systemet, men må representere et «ensemble av systemer» på lignende måte som vi kjenner fra statistisk mekanikk.

Einstein stiller spørsmålet om hvor langt den enkelte komponent-bølgefunksjon, som er en egenfunksjon svarende til en bestemt egenverdi for den dynamiske variable, er en fullstendig beskrivelse av fysikalske tilstander, men han lar spørsmålet stå ubesvart. Vi kan ikke se at dette spørsmålet kan besvares slik at Einsteins argument for en ensembleinterpretasjon, antydet ovenfor, kan bli konsistent.

Selv om ensembleinterpretasjonen redder EPR-artikkelens realitets-kriterium og gir en mulighet til å forstå hvordan selv små perturbasjoner kan frembringe store endringer i et systems tilstand, ser Einstein at denne betraktningsmåten lar enkelt-systemenes skjebne forbli fullstendig uoppklart:

> «*Men nå spør jeg: Finnes det virkelig fysikere som tror at vi aldri skal få innsikt i endringene i enkeltsystemer, i deres struktur og kausalsammenhenger,... Å tro det er logisk mulig uten selvmotsigelse; men det strider så sterkt mot mitt vitenskapelige instinkt at jeg ikke kan la være å søke etter en mer fullstendig forståelse.*»[19]

Det teoretiske fundament som Einstein søkte måtte ha kvanteteorien som et grensetilfelle.

> «*Men jeg tror ikke at kvantemekanikken kan tjene som startpunkt for jakten på et slikt fundament,...*»[20]

Det lyktes ikke Einstein å realisere sin visjon.

David Bohm har foreslått en alternativ teori kjent som «de skjulte variable»-teorien. Denne teorien har kvantemekanikken som grensetilfelle. J.S. Bell har foreslått en variant av en

«skjult variabel»-teori som er lokal og forutsier resultater av bestemte spinnkorrelasjons-eksperimenter som er forskjellig fra det kvantemekanikken gjør.

Sentrale eksperimenter

Dobbeltspalte-eksperimentet var et sentralt tankeeksperiment i diskusjonen mellom Niels Bohr og Albert Einstein om kvantemekanikkens grunnlag. Moderne teknologi har gjort det mulig å gjennomføre eksperimentet i laboratoriet. Essensen i eksperimentet er at randbetingelsene kan velges slik at den kvantemekaniske interferens blir uomtvistelig demonstrert også ved så lave intensiteter at det dreier seg om spredning av enkeltfotoner. Det er vanskelig å se at Einsteins ensembletolkning av bølgefunksjonen kan anvendes på dette fenomenet.

En modifisert utgave av dobbeltspalteeksperimentet ble foreslått av J.A. Wheeler[21]. Det aksentuerer ytterligere umuligheten av et klassisk bilde av en kausal bane for fotonet. Eksperimentet har fått betegnelsen «forsinket valg» og er skjematisk fremstilt i fig.1. En laserstråle blir splittet i to deler av en strålesplitter BS1. To speil (M) bringer strålen sammen igjen nede til høyre. Stråleintensiteten er regulert slik at det til ethvert tidspunkt gjennomsnittlig bare er ett foton inne i interferometeret. En detektor er plassert i hver stråle, en i x-strålen, den andre i y-strålen. Den optiske veilengden i de to interferometerarmene kan varieres.

To forskjellige eksperimentelle situasjoner kan nå bli realisert: En strålesplitter, BS2, er plassert i skjæringspunktet mellom x-og y-strålen. I denne «normale» konfigurasjonen er både BS1 og BS2 på plass før eksperimentet begynner og vi vil se interferens ved detektorene x og y. Det «forsinkede valg» består i at BS2 plasseres etter at fotonet har passert BS1. Spørsmålet er om det også ved det «forsinkede valg» observeres interferensmønstre ved detektorene X og Y, avhengige av gangforskjellen mellom de to interferometerarmene, eller om interferensen nå forsvinner og registreringen av fotoner i de to detektorene er antikorrelert uavhengig av gangforskjellen. Dersom det siste er tilfelle, vil det kunne avgjøres om fotonet har fulgt rute x eller y på samme måte som i en konfigurasjon hvor BS2 er fjernet.

I følge kvanteteorien vil det «forsinkede valg» av BS2 gi samme resultat som den «normale» konfigurasjon. Randbetingelsene er i begge tilfeller slik at enhver mulighet for å avgjøre et veivalg er utelukket. Fotonets tilstand inne i interferometeret må derfor være

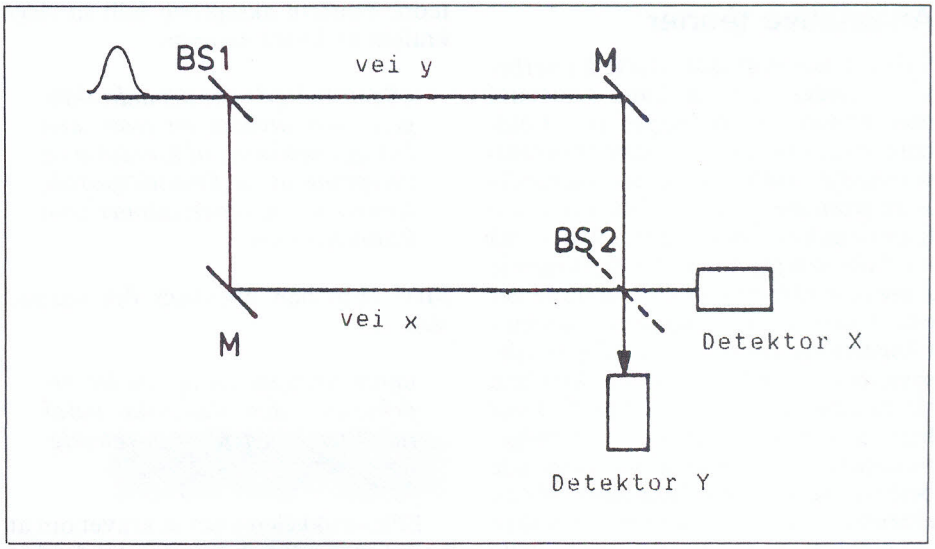


Fig.1. Skjematisk framstilling av Wheelers «forsinket valg» eksperiment. En laserstråle med lav intensitet, slik at man til enhver tid gjennomsnittlig har bare ett foton inne i interferometeret, blir delt av strålesplitteren BS1. I fravær av den andre stråle-splitteren, BS2, vil detektorene X og Y kunne bestemme langs hvilken *vei* fotonet har kommet. Ved å installere strålesplitteren BS2 vil denne informasjonen mistes. De to detektorene vil nå vise en interferensstruktur, hvilket kan sies å indikerer at fotonet har kommet langs «*begge veier*» (fra ref.22).

gitt ved en bølgefunksjon som er en superposisjon av en bølgefunksjon for x-veien og en bølgefunksjon for y-veien.

Ved det «forsinkede valg» har vi muligheten til enten å observere fotonet i den superponerte tilstand (med BS2), dvs. observere interferens eller å «redusere» fotonets superponerte tilstand (uten BS2) til en av komponentene, dvs. med hensyn til veien og avgjøre veivalget. Det siste kan forstås innenfor rammen av Einsteins ensembleinterpretasjon, men interferensen blir en utfordring for denne interpretasjonen.

Niels Bohr påpekte at de to eksperimentelle situasjonene med og uten BS2 står i et komplementært forhold til hverandre. De kan ikke realiseres samtidig for samme system. Bohr understreket fenomenets karakter av helhet og betydningen av å se apparatoppstillingen som en ikke-separerbar del av fenomenet.

Et eksperiment av denne art er blitt gjennomført av Hellmuth & al.[22]. Det eksperimentelle oppsett fremgår av fig.2. En kryptonlaser produserer lyspulser (ved hjelp av tilleggs-arrangementer er det midlere fotontall

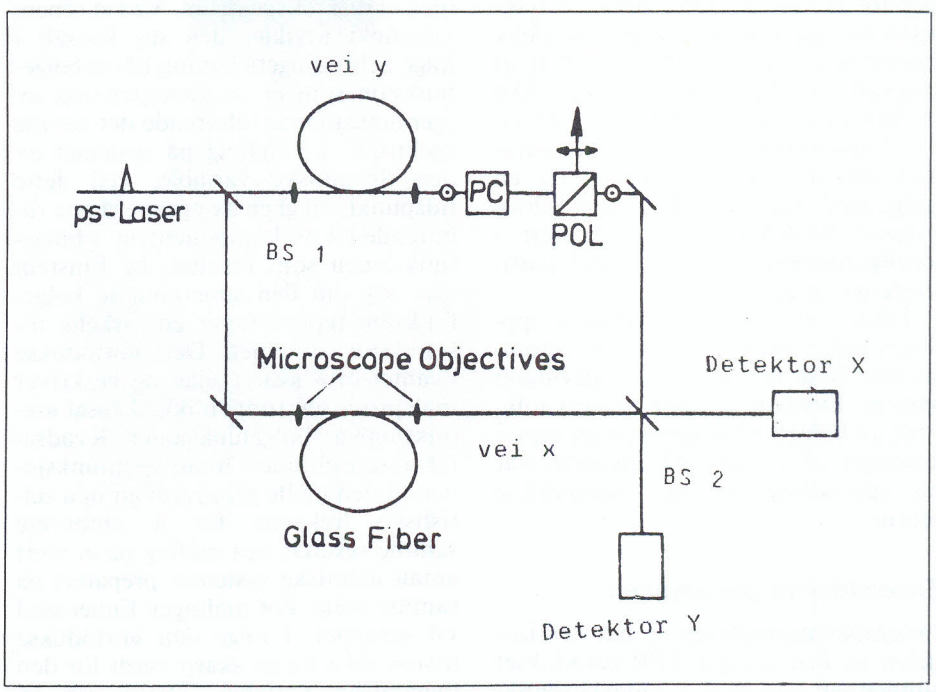


Fig.2. Interferometeret i eksperimentet til Hellmuth & al. med optiske fibre, Pockels celle (PC), Glan polariseringsprisme (POL) og fotomultiplikatorene X og Y (fra ref.22).

pr. puls ca. 0,2) som passerer strålesplitter 1. I hver av veiene x og y er det plassert en 5 meter lang optisk fiber som må passeres. Det «forsinkede valg» gjøres ved hjelp av en Pockelscelle (PC) som er plassert i en av interferometerarmene. For å blokkere strålen settes en spenning over cellen (cellen stenges) slik at lyset som passerer den får polarisasjonen dreid 90°. Når disse fotonene treffer et Glan polariseringsprisme (POL) som er plassert bak cellen, vil de bli reflektert ut av strålegangen. I «normal»-konfigurasjonen er Pockels-cellen åpen hele tiden. I «forsinket valg»-versjonen er Pockels-cellen stengt inntil 5 ns etter at pulsen har passert strålesplitter 1.

Resultatet av eksperimentet vises i fig.3. Prikker representerer data med interferometeret i «normal»-konfigurasjonen, mens kryssene angir måleresultatene i «forsinket-valg»-versjonen, a) er data fra fotomultiplikator 1, b) fra 2. Tellingene er lagret i en multikanalanalysator og hver kanal lagrer tellinger samlet i 30 s. Hvert punkt er et middel over 4 kanaler. Abscissen er en tidsakse. Variasjonen av antall tellinger (N_-, N_+) med tiden viser effekten av å endre den optiske gangforskjell mellom veiene x og y. Dette gjøres ved temperaturstyring av en brytningsindeks inne i interferometeret. Detektorene registrerer bare nulte ordens maksimum av interferensmønsteret.

Resultatene viser ingen forskjell mellom de to eksperimentelle situasjonene «normal» og «forsinket valg» i overensstemmelse med kvantemekanikken.

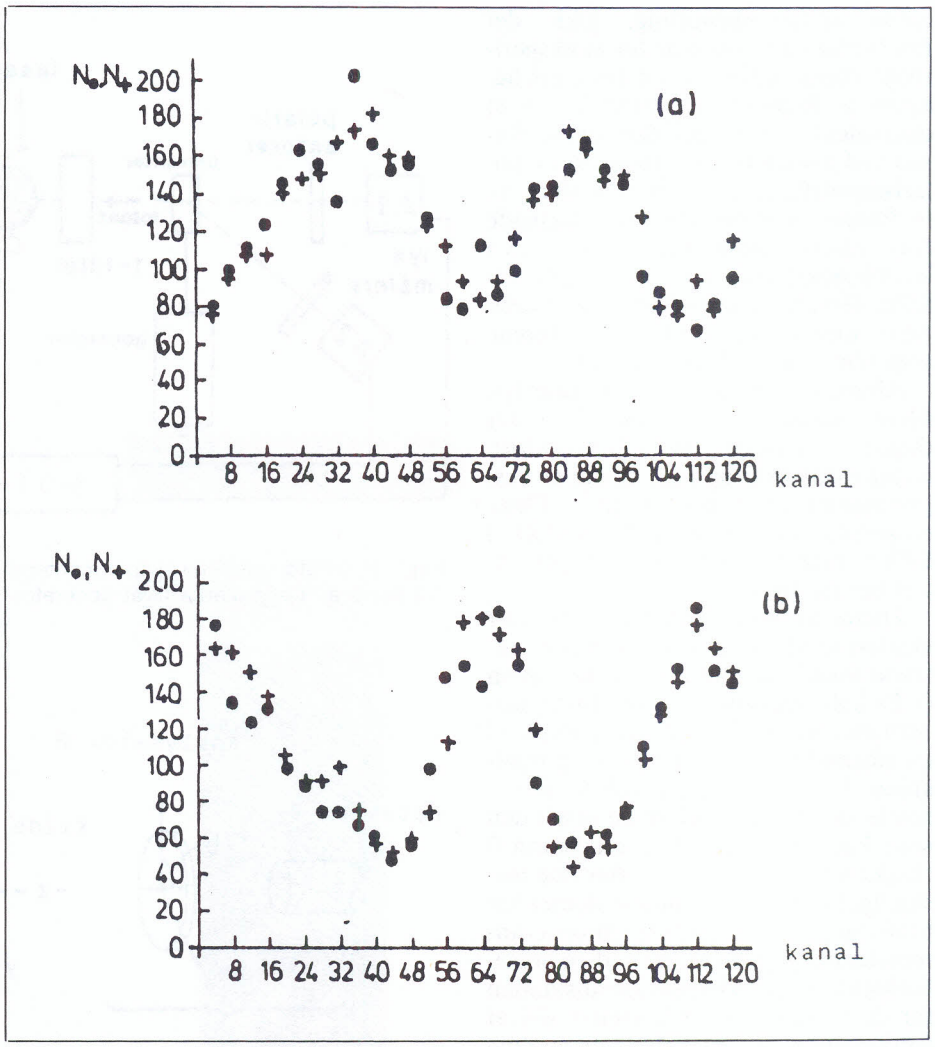


Fig.3. Resultater av eksperimentet til Hellmuth & al. Prikker representerer data tatt med interferometeret i normal-konfigurasjonen, mens kryssene angir måleresultatene i «forsinket valg» versjonen. (a) viser målingene tatt med fotomultiplikator X, mens det faseinverterte signalet detektert med fotomultiplikator Y er vist i (b). Den horisontale aksen er ekvivalent med tidsaksen (30 s pr. kanal) (fra ref.22).

Aspekteksperimentet og Skjulte Variable

Einsteins ensembleinterpretasjon av bølgefunksjonen kan invitere til å anta at bølgefunksjonen representerer et middel over bedre definerte tilstander. Disse kunne være spesifisert ved variable som er dispersjonsfrie. En modell for en slik teori ble satt fram av D. Bohm i 1952[23]. Bohm krevde av teorien at når det blir midlet over de underliggende variable må den gå over i den vanlige kvantemekanikken. Problemet med å bringe disse «ekstra» variable frem fra det skjulte er ikke mindre enn å finne et eksperiment som gir et resultat i strid med kvantemekanikkens forutsigelse.

J. S. Bell foreslo i 1964 et eksperiment og en lokal, skjulte- variableteori for eksperimentet som forutsier et annet utfall enn det kvantemekanikken gjør[24]. Han tenkte seg at det kunne prepareres et system av to spinn-1/2 partikler i en singlet-tilstand som henfaller til to enkeltpartikler. Korrelasjonen av spinnkomponentene for de to partiklene som beveger seg i motsatte retninger observeres langs forskjellige akser.

Bell introduserer en ekstra kontinuerlig parameter for å spesifisere dette systemet nærmere enn det gjøres i kvantemekanikken. Han viser at hans teori ikke er forenlig med kvanteteoriens statistiske forutsigelser. Bell gjør antagelser om den statistiske fordeling av ekstraparameteren og midler over denne på samme måte som det gjøres i statistisk mekanikk. Han spesifiserer ikke parameteren nærmere og gir ikke noen tolkning av dens fysiske betydning. Det er kravet til lokalitet eller separabilitet som gjør at forutsigelsen ikke stemmer med den kvantemekaniske. (Bohms teori er høyst ikkelokal). Bell tilstrebet en teori som tilfredsstiller EPR-artikkelens realitetskriterium. På grunnlag av generelle antagelser av strukturell art utledet Bell den ulikhet som spinnkorrelasjonsfunksjonene må oppfylle og som nå er kjent som Bells ulikhet:

$$\text{abs}[E(\mathbf{a},\mathbf{b}) - E(\mathbf{a},\mathbf{c})] = 1 + E(\mathbf{b},\mathbf{c}). \qquad (1)$$

Her er E(**x**, **y**) spinnkorrelasjonsfunksjonen for singlettilstanden når spinnet for en partikkel måles langs aksen **x**, mens spinnet til den *andre* partikkelen måles langs aksen **y**. Funksjonen kan anta verdier i området [-1, 1] der E(**x**, **y**) = -1 tilsier at spinnene er antikorrelerte (**x** og **y** er parallelle), mens E(**x**, **y**) = +1 indikerer at spinnene er korrelerte (**x** og **y** er antiparallelle).

Dersom den ekstra variable er en enhetsvektor med isotrop sannsynlighetsfordeling over alle retninger gir Bells teori følgende uttrykk for spinnkorrelasjonsfunksjonen:

$$E(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = -1 + (2/\pi)\,\theta,$$

hvor θ er vinkelen mellom **a** og **b**.

På grunn av vanskeligheter med å preparere spinntilstanden og å finne en

egnet apparatoppstilling, gikk det imidlertid enda noen år før et eksperiment kunne utføres for å teste gyldigheten av Bells ulikhet. Man fant at et ekvivalent uttrykk for den kunne finnes ved å studere korrelasjonen av polarisasjonstilstandene til et system av to fotoner som blir emittert i kaskade fra et eksitert atom. Vektorene **x** og **y** i korrelasjonsfunksjonen vil i dette tilfellet tilsvare enhetsvektorer som definerer orienteringen til polarisatorene som blir brukt i eksperimentet.

Atomene eksiteres med laserlys. Flere eksperimenter som benytter denne metoden er gjennomført, hvorav det siste og best kjente er eksperimentet til Aspect & al.[25]. Dette eksperimentet er allerede omtalt i FFV[26], men vil likevel kort bli presentert her (se fig.4).

Damp av grunnstoffet kalsium blir eksitert med en laser til en spesiell tilstand med banespinn 0 og totalt spinn 0. Et kalsium-atom i denne tilstanden henfaller så ved å sende ut et foton til en tilstand med banespinn 1 og totalspinn 1 som henfaller videre ved å sende ut et foton til grunntilstanden som har banespinn 0 og totalspinn 0 (kaskade). De to fotonene har noe forskjellig frekvens. To-fotonsystemet har totalt spinn null. Det betyr at de kvantemekanisk representeres ved en bølgefunksjon hvor polarisasjonstilstanden for de to fotonene er korrelert slik at forutsigelsen av utfallet av en måling vil være at de begge f.eks. er polarisert i samme plan. Fotonene sendes i motsatte retninger. På hver side av området med kalsium-damp er det plassert fargefiltre som tjener til å preparere den to-foton-tilstanden vi er interessert i. Til selve målingen av korrelasjonsfunksjonen brukes polarisasjonsfiltre og fotomultiplikatorer. Fra fotomultiplikatorene sendes et elektrisk signal til et telleverk som kun registrerer en telling hvis det samtidig kommer et signal fra A1 (A2) og B1 (B2). For helt å utelukke eventuelle ukjente vekselvirkninger mellom polarisatorene og fotonene ble det i denne versjonen av eksperimentet innført to «omskiftere» (de arbeider uavhengig av hverandre) som i «siste øyeblikk», mens fotonene er underveis fra kalsium-atomene til polarisatorene, kan bestemme hvilke polarisatorer de skal treffe. Foton 1 har muligheten til å treffe enten A1 eller A2, mens foton 2 kan treffe B1 eller B2. Polarisasjonsaksene er valgt forskjellige for de fire polarisasjonsfiltrene i eksperimentet slik at korrelasjonsfunksjonen kan måles for flere orienteringer av polarisatorene uten at disse må justeres under eksperimentets gang. Bells ulikhet kan

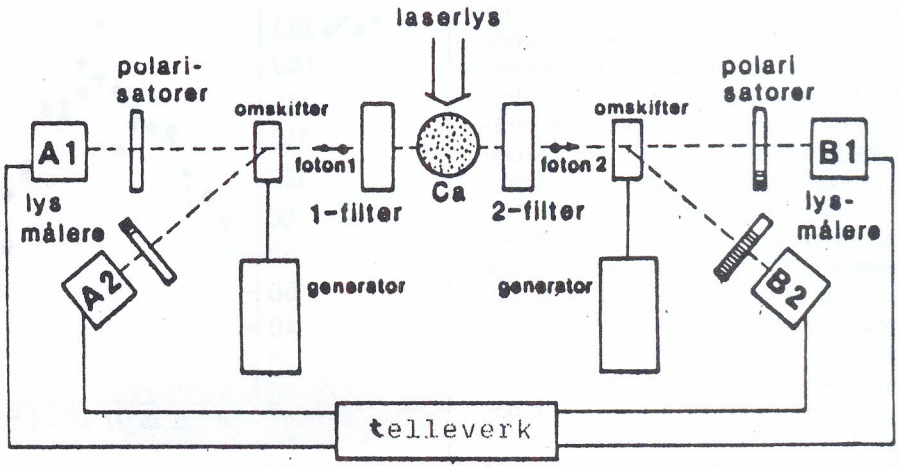


Fig.4. Apparatoppstilling i eksperimentet til Aspect & al. Legg merke til at generatorene som driver de to «omskifterne» opererer uavhengig av hverandre (fra ref.26).

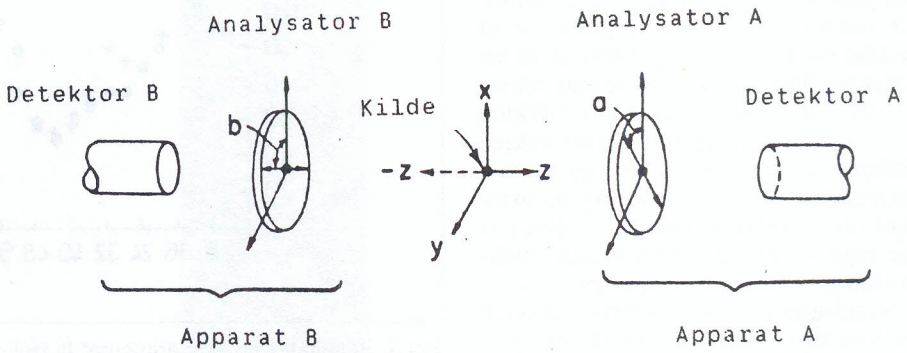


Fig.5. Prinsippet for bruken av polarisatorer i Aspect-eksperimentet. En kilde emitterer et fotonpar som blir analysert av apparatoppstillingene A og B. Disse består av en polarisator som slipper gjennom fotoner med polarisasjon parallell til polarisatorenes akser, **a** for polarisator A og **b** for polarisator B, og en fotomultiplikator (detector) som detekterer disse. Orienteringene av henholdsvis **a** og **b** relativt til akse-korset xyz på figuren er gitt ved vinklene a og b i xy-planet. Ved samtidige tellinger i fotomultiplikatorene vil begivenheten bli registrert som en telling. Orienteringene av **a** og **b** kan varieres, slik at korrelasjonsfunksjonens avhengighet av dem kan måles (fra ref.27).

i dette tilfellet skrives på formen

$$-2 \leq S \leq 2, \qquad (2)$$

hvor

$$S = E(\mathbf{a},\mathbf{b}) - E(\mathbf{a},\mathbf{b}') + E(\mathbf{a}',\mathbf{b}) + E(\mathbf{a}',\mathbf{b}').^{27} \qquad (3)$$

Her er **a** og **a'** (**b** og **b'**) enhetsvektorer som karakteriserer orienteringen til polarisatorene foran fotomultiplikatorene A1 og A2 (B1 og B2) (se fig.5). Disse orienteringene, hvorav et eksempel er vist i fig.6, kan varieres ved å forandre polarisatorinnstillingene. Resultatet av Alain Aspect og Philippe

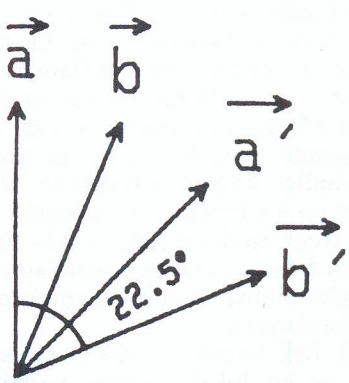


Fig.6. Et sett orienteringer av polarisatoraksene i Aspect-eksperimentet som leder til maksimalt brudd med Bells ulikhet. Dette svarer til maksimalverdien av størrelsen S (se fig.7), (fra ref.28).

Grangiers eksperiment er vist i fig.7.[28] Vi ser at de målte verdiene av S som funksjon av vinkelen (definert i teksten til fig.7), er i overensstemmelse med de kvantemekaniske beregningene (den heltrukne kurven). De målte verdiene for S i de vel definerte vinkelområder omkring 20° og 70° faller imidlertid klart utenfor ulikheten (2), og derfor falsifiserer Bells ulikhet og hans forslag til en lokal ekstra-variabel-teori i disse områdene.

Ulikheten (2) er mer generell enn det man kan få inntrykk av gjennom den ovenstående presentasjonen; **a** og **b** kan representere vilkårlige justerbare parametre bare de inngår i argumentet til en korrelasjons-funksjon av typen E(**a**,**b**).[27,29]

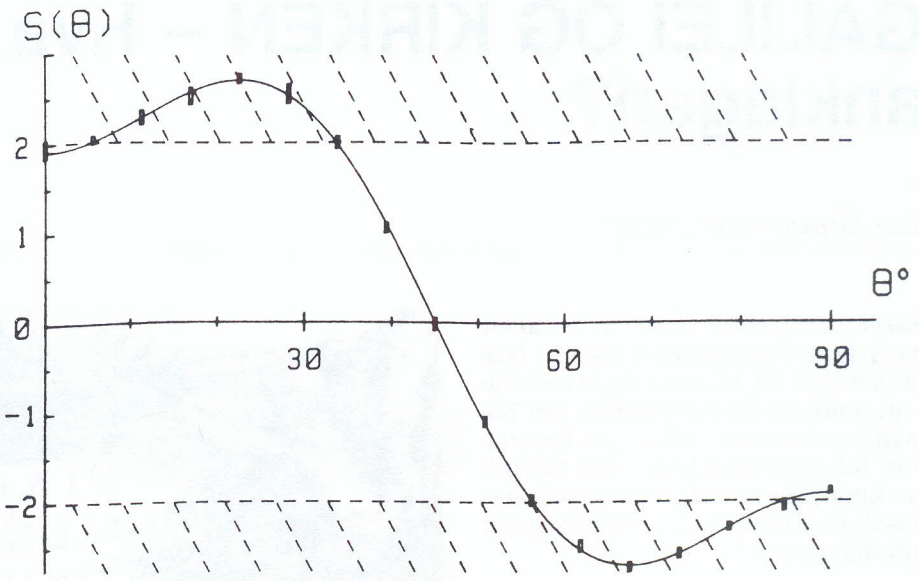


Fig.7. Målinger av størrelsen S i Bells ulikhet som funksjon av vinkelen. Vinkelen er gitt ved å anta at aksene **a**, **b**, **a**' og **b**' er koplanare, og at vinklene mellom deres orienteringer er gitt ved

$$<\mathbf{a},\mathbf{b}> = <\mathbf{b},\mathbf{a}'> = <\mathbf{a}',\mathbf{b}'> = \theta ,$$

og

$$<\mathbf{a},\mathbf{b}'> = 3\,\theta .$$

Ifølge Bells ulikhet kan S bare anta verdier i det område som ikke er skravert. Måleusikkerheten er ± 2 standardavvik. Den heltrukne kurven representerer den kvantemekaniske forventningsverdien (fra ref.28).

Konklusjon

Vi har stilt spørsmålet: Kvanteteorien – Er den fullstendig?

Vi er mange som mener det uten dermed å hevde at den eksplisitte formulering av kvanteteorien slik den foreligger i dag er endelig. Det er samtig lett å forstå at kvanteteorien nettopp på grunn av sin uanskuelighet blir en utfordring for forståelsen og at noen stiller seg svært kritiske og søker en mer «fullstendig teori». Utfallet av Aspect-eksperimentet virker ikke oppmuntrende på slike anstrengelser, men noen vil sikkert fortsette sin søken. Den bør kanskje starte med en kritisk analyse av Bells «ekstra-variabel-teori» og hans ulikhet. Ethvert skarpsindig forsøk på å falsifisere kvanteteorien bør etter vår oppfatning sees på som en viktig vitenskapelig oppgave. Selvom disse forsøk ikke fører frem, vil de i alle fall utdype vår forståelse av kvantefenomenene slik Einsteins kritiske innvendinger har gjort.

For kvanteteorien bringer Aspect-eksperimentet ikke noen overraskelser. Det nye eksperimentet har påvist at kvantemekaniske korrelasjoner kan bestå over makroskopiske avstander av størrelsesorden 10 meter.

Det kan være nyttig å minne om at verden er til før fysikken.

Referanser

1. Finn Aaserud, *Plancks energikvantebegrep*, Hovedoppgave, Universitetet i Oslo 1976, s.57.
2. Ibid. s.2.
3. Kristoffer Gjøtterud, Fra Fysikkens Verden **41** (1979) 55.
4. Albert Einstein, Phys. Zeitschr. **10** (1909) ss.186,187.
5. Albert Einstein, Ann. der Physik **17** (1905) s.133.
6. Albert Einstein, Phys. Zeitschr. **18** (1917) 121.
7. Niels Bohr, Discussion with Einstein, i *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, P.A. Schilpp (ed.), Tudor, New York, 1951, s.227.
8. Albert Einstein, Boris Podolsky and Nathan Rosen, Phys. Rev. **47** (1935) 777.
9. Niels Bohr, Phys. Rev. **48** (1935) 696.
10. Albert Einstein, J. Frankl. Inst. **221** (1936) 313.
11. Erwin Schrödinger, Ann. der Physik **79** (1926) 361.
12. Ibid. s.735.
13. Max Born, Z. Phys. **38** (1926) 803.
14. Abraham Pais, *Inward Bound*, Oxford University Press 1986, s.259.
15. Albert Einstein, Reply to Critiscism, i *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, P.A. Schilpp (ed.), Tudor, New York (1951), 681.
16. Ref. 10, s.339.
17. Ibid. ss.340, 341.
18. Ibid. s.340.
19. Ibid. s.342.
20. Ibid. s.343.
21. John Archibald Wheeler, *Mathematical Foundations of Quantum Theory*, A.R. Marlow ed., Academic Press, New York (1978) s.9.
22. T. Hellmuth, H. Walther, A. Zajonc, and W. Schleich, Phys. Rev. A **35** (1987) 2532.
23. David Bohm, Phys. Rev. **85** (1952) 166.
24. John Stuart Bell, Physics **1** (1964) 195.
25. Alain Aspect, J. Dalibard and G. Roger, Phys.Rev.Lett. **49** (1982) 1804; Alain Aspect, Phys. Rev. D **14** (1976) 1944.
26. Hans Lütken, Fra Fysikkens Verden **45** (1983) 77.
27. John F. Clauser and Michael A. Horne, Phys. Rev. D **10** (1974) 526.
28. Alain Aspect and Philippe Grangier, Proc. Int. Symp. Found. of Quantum Mechanics, Tokyo (1983) s.214.
29. Lawrence J. Landau, Phys. Lett. A **120** (1987) 54.

∞

Studer FYSIKK

GALILEI OG KIRKEN – Hva var anklagen?

*Jan Brage Gundersen**

Saken mot Galileo Galilei er en av de merkeligste i vitenskapens historie. Han ble anklaget for å ha satt seg ut over Pavens ordre om ikke å diskutere den Kopernikanske astronomien, men Kopernikus' bok om himmellegemenes bevegelser var jo ikke forbudt. Var rettssaken et forsøk på å dekke over en annen og mer alvorlig anklage?

I 1633 ble Galilei, 70 år gammel, innkalt til Det hellige offisium i Roma, anklaget for å ha satt seg ut over Pavens ordre om ikke å diskutere offentlig den oppfatning at jorden gikk i bane om solen. Galilei blir forvirret. Han kan ikke huske å ha mottatt noen slik ordre. Det blir svart at den daværende Pave, Paul V, gjennom den nå avdøde Kardinal Bellarmine gav ham ordren på et møte den 26. februar 1616. Galilei blir redd, men gjentar at han ikke kan huske å ha mottatt en slik ordre. Det virker som om Galilei er villig til å si hva anklageren vil ha ham til å si, men vet bare ikke hva det rette svaret er. Saken ender med at Galilei ydmykt avsverger sin tilslutning til den nye astronomien, og blir dømt til livsvarig fengsel på «et passende sted» og en ukentlig resitasjon av syv botssalmer. Kort tid senere gjør Pave Urban VIII dommen om til en slags husarrest.

For ettertiden er Galilei blitt en metafor for den frie forskning, og den frie tanke. For italienerne selv er han ikke bare en av deres store vitenskapsmenn, men også en av martyrene i kampen mot kirkens obskurantisme – som det gjerne heter på de kanter. Denne kampen er ført av en leg og nasjonal bevegelse. Kort sagt: Galilei er også blitt en av «kirkefedrene» til den italienske venstresiden.

Det var boken *Dialogus de systemate mundi* som ble angrepet da den utkom i 1632. Men Galilei hadde da allerede i årevis vært på kant med inkvisisjonen. I 1610 hadde han publisert en rekke av sine astronomiske observasjoner og uttalt seg til fordel for den antagelse at jorden kretset om solen. Det heliosentriske verdensbildet ble forsåvidt akseptert i vide kretser, men bare som en matematisk modell, eller hypotetisk provisio, uten å være forankret i et faktisk forhold. Selv Kopernikus' egen elev, Andreas Osiander, synes å ha oppfattet det heliosentriske system slik. Galilei, derimot, gir det sin uforbeholdne tilslutning da han i 1613 skriver: «Hvis Bibelen hadde tillagt jorden bevegelse og solen ro, ville det ha forvirret mengdens fatteevne. Men, hvor har Bibelen fordømt den nye lære?» Senere, i 1615, er motstanden blitt stivere, og Galileis tone mer ydmyk. Han skriver et forsvarsskrift hvor han imidlertid ikke unnslår seg for å påpeke at «Den Hellige Ånd hadde til hensikt ved Bibelen å lære oss hvorledes man går til himmelen, ikke hvorledes himlene går!»

*Filosofisk institutt,
Universitetet i Oslo.

Stevnet for inkvisisjonen

Galilei ble, som nevnt, stevnet for inkvisisjonen i 1633, året etter at «Dialogo» var utgitt, anklaget for det kopernikanske kjetteri. Men, det merkelige er at den anklagede – og senere forbudte bok – ikke inneholder annet om Kopernikus enn det Galilei allerede ti år tidligere hadde publisert i *Il Saggiatore*, «Gullvekten», helt ustraffet og heller ikke uten suksess. *Il Saggiatore* var dedisert til Pave Urban VIII og inneholdt et polemisk svar til den jesuittiske arkitekt og matematiker Orazio Grazzi. Paven skal ha vært meget glad over å ha fått boken dedisert til seg, og det er derfor høyst merkelig at han nå skulle stille seg bak anklagene mot Galilei. Det var Kardinal Maffeo Barberini som var blitt valgt til Pave Urban VIII i 1624, en mann som sto på vennskapelig fot med Galilei og forøvrig mer enn gjerne deltok i vitenskapelige debatter. Han skal endog ha uttalt seg beklagende til Galilei om et dekret hans forgjenger hadde sendt ut i 1616, hvor det ble påpekt at den kopernikanske astronomien var i strid med Bibelens lære, slik denne ble utlagt av de hellige kirkefedre. Følgen var at Kopernikus' bok *De revolutionibus orbium coelestium* ble forbudt.

Det kan allikevel ikke ha vært noen stor sak for Kirken å forholde seg til den nye kosmologien så lenge det også var rimelig tvil om dens holdbarhet. I slike tilfeller var det helt kurant å la Bibelen få avgjøre saken. En henvisning til Joshvas mirakel hadde derfor vippet vekten tilbake til den aristotelisk-ptolemeiske astronomiens fordel. Kopernikus' bok ble typisk nok svartelistet bare et par år, for deretter å bli gitt ut på ny, etter at seks setninger var gitt en mer hypotetisk form.

Ettertiden har vært raskt ute med kritikk av Kirkens sensur i denne sammenheng. Selv om vi ikke kan forsvare sensuren, kan vi likevel forsvare det vitenskapsteoretiske grunnlag den hvilte på. Dette innebar en viktig epistemologisk distinksjon mellom virkeligheten slik vi kan observere den og virkeligheten slik den egentlig er. Skolastikkens vitenskapelige paradigme var tekstorientert, og innenfor tekstvitenskapene kan denne distinksjonen fortsatt være gyldig. Det lar seg gjøre å begrunne en fortolkning av en tekst, dvs. slik tekstens mening er kommet tilsyne for en gjennom lesningen, men det lar seg neppe gjøre å begrunne at ens fortolkning er identisk med avsenderens intenderte mening. Vi skal straks komme tilbake til dette poenget.

Kopernikus gav en forklaring på en rekke astronomiske observasjoner som «reddet det tilsynelatende». Kardinal Robert Bellarmine skriver i 1616 følgende:[1]

> «*Å bevise at hypotesen om solens stillstand og jordens bevegelse redder det tilsynelatende, er slett ikke det samme som å bevise realiteten av jordens bevegelse. Jeg tror man kan bevise det første poenget, men jeg er sterkt i tvil om hvorvidt man kan bevise det andre, og i tvilstilfeller må man ikke gi opp mening i Den hellige skrift, slik denne er blitt fortolket av kirkefedrene.*»

I 1624 drar Galilei til Roma og oppnår en rekke audienser hos den nye paven. Mange med ham håper at Pave Urban vil revurdere sin forgjengers dekret på bakgrunn av det vell av nye observasjoner som støttet Kopernikus. Dette var selvfølgelig altfor optimistisk. Allikevel setter Galilei i gang med det som skal bli hans livsverk. Han går forsiktig frem og først i 1630 presenterte han manuskriptet for Pater Riccardi, sensoren i Roma. Riccardi foreslo noen mindre endringer, som Galilei uten videre aksepterte. Paven selv foreslo en annen tittel, noe Galilei også aksepterte. Manuskriptet ble dessuten levert sensoren i Firenze, slik at boken – da den kom ut i 1632 – hadde blitt godkjent begge steder og approbert på høyeste hold. Det må derfor ha kommet som et sjokk på Galilei da Det hellige offisium i september samme år stanser boken og innkaller ham for inkvisisjonen i Roma. Anklagen som reises mot Galilei er at han skal ha lurt både Paven og sensorene ved å unnlate å gjøre oppmerksom på at Pave Paul V i 1616 hadde gitt ham en hemmelig ordre om aldri mer å uttale seg om Kopernikus. Kardinal Bellarmine, som skulle ha overbrakt Galilei ordren, er nå død og mulige vitner er fjernet fra Roma. Den målløse Galilei får stammet frem at han ikke kan huske å ha mottatt noen slik ordre.

I et foredrag for CERN den 20. februar 1964, i anledning av 400-årsdagen for Galileis fødsel, holdt J.M. Jauch et foredrag med tittelen *The trial of Galileo Galilei*.[1] Jauch går nøye gjennom sakens dokumenter, og mener å kunne hevde at Galilei aldri har fått noen slik ordre. Anklagen er falsk.

Forfatteren Arthur Koestler har også beskjeftiget seg med Galileis skjebne.[2] Han kaller saken «den største skandale i kristenhetens historie». Han ser den nesten utelukkende som et uttrykk for maktbrynde og forstokket dogmatisme. Den mer sindige J.M. Jauch sier at det er nærmest ubegripelig at Paven kunne slå om så plutselig og gi etter for presset mot Galilei. Jauch antar derfor at Galilei må ha kommet i skade for å fornærme Paven personlig.

Et avtalt spill

Da det i 1984 ble utgitt en bok skrevet av Pietro Redondi, med den talende tittel «Kjetteren Galilei»[3] skapte det ikke så lite bråk i den cisalpine presse. Boken snur opp ned på en rekke etablerte oppfatninger, både hos anti-kirkelige rasjonalister (som Koestler) og hos katolikkene selv, og viser at Galileis avsverging av sitt eget standpunkt i rettssaken mot ham, hverken var et utslag av øyeblikkets svakhet eller en egentlig innrømmelse, men intet mindre enn et avtalt spill.

Det som satte Redondi på sporet var visse merkverdigheter under rettssaken, som andre forskere riktignok lenge har bemerket, men ikke forfulgt særlig inngående.

I Vatikanets arkiver, hvor sakens dokumenter ennå befinner seg, fant han et skrift som påtalte at Galilei i *Il Saggiatore* forfektet «*en atomistisk oppfatning av naturen*». Skriftet var stilt til Galileis motstander, Orazio Grassi. Grassi var en innflytelsesrik person i jesuittiske vitenskapelige kretser. Skriftet er sannsynligvis forfattet i 1624, dvs. like etter at *Il Saggiatore* var utgitt, og ni år før rettssaken mot Galilei. Dette skriftet er viktig; det endrer den grunnleggende problemstillingen. Noen må ha oppdaget at Galileis vitenskap – hvis han har rett – ikke bare må innebære en omtolkning av Joshvas mirakel, men også av et sakrament. Dette er en adskillig mer alvorlig sak. Vårt hoved anliggende er her å forklare hvorfor. For, er dette virkelig en alvorlig sak, støtter det opp under Redondis antagelse om at rettssaken mot Galilei var arrangert for å *redde* Galilei – ikke for å stanse ham eller hevne seg på ham.

En ny oppfatning av naturen

Som vi vet, var Galilei fremfor alt fysiker og postulerte i tråd med sin vitenskap en overensstemmelse mellom den himmelske og den jordiske verden. Det er en svakhet hos både Jauch og Koestler at de nesten utelukkende ser ham som astronom. Galileis grunnleggende anskuelse var at naturen var som en bok. Nettopp gjennom slike metaforer ser vi det vitenskapelige paradigmet han har sine røtter i: den tekstorienterte skolastikken. Men, for å kunne lese denne boken, hevder Galilei, må man kjenne det språk den er skrevet på. Dette språket er matematikkens – og det er ikke flertydig. Det gjelder derfor ikke lenger å *fortolke* naturen, men å *beskrive* den på en sannferdig måte. Her ser vi et eksempel på det historiske brudd naturforskerne gjør, ikke bare med teologien,

noe som vitenskapshistorikere ofte har påtalt, men med middelalderens tekst- og språkbaserte vitenskaper.

Galilei studerte bl.a. fall- og kastbevegelser. Etter datidens naturvitenskap ble det antatt at hastigheten i legemers fall var proporsjonal med den tyngde de hadde. Galilei fant, som kjent, at antagelsen var feilaktig. Han antok istedet at legemer i fall vil ha en jevnt tiltagende hastighet, og ut fra denne antagelsen satte han opp en matematisk beskrivelse av hvordan et slikt fall ville forløpe. Deretter undersøkte han om legemer virkelig faller slik den matematiske beskrivelsen sier de gjør. Han er oppmerksom på at luftmotstanden spiller en rolle, og at hans beskrivelse derfor gjelder i sin absolutte form bare i vakuum, en situasjon han ikke klarte å etablere. Han finner at bevegelsen er jevnt akselerert, men klarer ikke helt nøyaktig å bestemme tallverdien for akselerasjonen.

Når det gjaldt kastbevegelser hadde Jean Buridans «impetus-teori» vunnet et visst innpass. Ifølge denne teorien vil et legeme som blir kastet fra et sted fortsette i den retning det blir kastet helt til luftmotstanden har svekket dets «impetus». Dets bevegelse vil da minske i hastighet og legemets tyngde vil få «overtaket» slik at det faller mot jorden. Galilei finner at et legeme som blir kastet, eller hva som er mer nærliggende: en kule som blir skutt ut av en kanon, vil følge en parabelbane, analogt med Nicole Oresmes grafiske fremstillinger av kast. Falloven kommer her til anvendelse. Hans undersøkelser knytter seg Keplers oppdagelse av at jorden beveger seg rundt solen i en elliptisk bane. Galileis beskrivelse av kastbevegelsers parabelform gjenfinnes i Keplers ellipse. I historisk perspektiv ser vi at en skanse blir brutt. Teologien skiller seg definitivt fra naturvitenskapen. Den teologiske oppfatningen at jordens lover ikke gjelder for himmellegemene, er ugyldig. Den vitenskapelige beskrivelse av bevegelser på jorden, såvel som på himmelen, som invariante og analoge relasjoner på matematisk form, tvang frem en ny forståelse av den materie som inngår i disse relasjonene. Her står Galilei meget sentralt.

«Atomisme»

Galilei gjorde et skille mellom de egenskaper som finnes i det han benevnte som «den egentlige natur» og de egenskaper vi urettmessig tilskriver naturen, men som skyldes prosesser i oss, fremkalt av bevegelser i den egentlige natur. Om disse «subjektive» prosessene hevder Galilei at dersom det ikke lenger skulle finnes subjekter som opplevde dem ville de ikke være annet enn navn, og han har dermed også inntatt et nominalistisk standpunkt i tråd med sine forgjengere blant empirikerne på 1300-tallet. Om «den egentlige natur» skriver han:

> «..*jeg er sterkt tilbøyelig til å tro at varmen er av det slaget, og at de stoffer som frembringer i oss, og lar oss merke det varme, hvilket vi med et alminnelig ord kaller ilden, er en mengde smålegemer (corpuscler) som er formet på denne eller hin måte og beveget med denne eller hin hastighet*».[4]

De relasjoner vi har sett, f.eks. ved formuleringen av falloven, er bevegelsesrelasjoner tilbakeført på steds- og tidsrelasjoner, men de egenskaper som defineres i henhold til disse, kan neppe være annet enn de såkalte egenskaper i «den egentlige natur». De kalles naturens primære egenskaper av senere filosofer.

Arne Næss har formulert Galileis synspunkter slik:[4]

> *Bevegelseslovene har form av invariante relasjoner. Relasjonens relata må....være noe som «i seg selv» bare har primære egenskaper. De må kunne beveges, flyttes hit og dit uten nødvendigvis å forandres, de bør kunne deles inntil det fremkommer noe stofflig helt ensartet, men de må ikke kunne forsvinne eller nydannes....Det er nærliggende ut fra slike krav å anse den egentlige natur...for å bestå av udelelige, uforgjengelige små partikler med bare primære egenskaper – altså noe i nær slekt med Demokrits atomer.*

Galilei selv uttrykker imidlertid en viss usikkerhet nettopp i dette henseende. Han sier at han «holder det ikke for umulig» at alle forandringer kun er en forandring i ordningen av disse partiklene, og at ingen av dem egentlig går tapt, eller at nye kommer til. Med respekt for hans usikkerhet, er det allikevel ikke vanskelig å se at man nå har tatt et langt steg i retning av å oppfatte fysikkens beskrivelser som beskrivelser av «den egentlige natur» fremfor beskrivelser av «det tilsynelatende» (jfr. Bellarmine ovenfor).

Den galileiske fysikken, som vi her kort har presentert, innebar et langt alvorligere problem for teologien, enn den kopernikanske astronomien. Galileis forsvar for Kopernikus – spesielt med hensyn til kometenes baner – gikk via en corpusculærteori som ikke lenger skilte mellom «aksidenser» og «substanser». I denne corpusculærteorien gjenfinner hans motstandere uten vanskelighet Anaxagoras' og Demokrits «atomteori». Mens idéene fra Kopernikus ikke gjorde stort mer enn å latterliggjøre visse passasjer i det Gamle Testamentet, treffer corpusculærteorien midt i kirkens mest sentrale sakrament – nadverden, hvor Kristi legeme og blod blir nærværende i brødet og vinen. Dette skal vi nå gi en redegjørelse for, uavhengig av Redondi, Jauch og Koestler.

I overensstemmelse med Aristoteles hadde Thomas Aquinas hevdet at naturens byggesteiner var de såkalte «substanser», som vi kan forstå som «selvstendige enkeltting». I en slik selvstendig enkeltting kan man skille mellom de «substansielle», eller artstilhørige, egenskaper og de «aksidensielle». De substansielle egenskaper utgjør tingens essens, eller også kalt «tingens vesen». På spørsmål om *hva* en ting er, vil svaret være en henvisning til tingens substansielle egenskaper. På spørsmål om hva en øks er, vil svaret følgelig være at den er et redskap til å hugge med. – De substansielle egenskaper atskiller seg fra de aksidensielle, som riktignok begrenses av de substansielle, men likevel er tilfeldige. Øksas aksidensielle egenskaper kan f.eks. være at den er laget av jern, stål eller bronse, at den veier 2.5 kg. o.l. To substanser kan etter dette skjelnes fra hverandre på to måter: enten ved at de tilhører ulike arter (som øksa og spaden), eller ved at deres aksidensielle egenskaper er forskjellige (som når den ene øksa er større enn den andre).

Transsubstansiasjonen

Den teologiske utlegning av nadverden gikk gjennom en thomistisk oppfatning av naturen.

Thomas Aquinas skiller mellom to slags årsaker: de naturlige (som inkluderer de fire aristoteliske) og en overnaturlig. For ethvert årsaksforhold antas at noe ikke kan være årsak til seg selv, og alle årsakskjeder går følgelig tilbake til en «første beveger», en årsak som selv ikke er naturlig, men overnaturlig, og som Thomas hevder «alle kaller Gud» (jfr. «gudsbeviset»). Det Thomas kaller *årsaker*, er nærmere det det vi idag kaller *forklaringsprinsipper*, og vi må være oppmerksomme på at «overnaturlig» ikke må forstås i samme betydning som idag, noe i retning av parasykologiske eller okkulte fenomener. Selv datiden hadde sine okkulte fenomener (vitenskaper om skjulte, mystiske forhold), og disse hørte ikke hjemme under den etablerte vitenskap. Innen den galileiske fysikken får de overnaturlige årsaker ikke lenger samme funksjonelle plass. Forholdet mellom Gud og verden er, for å si det analogt med Kepler, som forholdet mellom urmakeren og uret. Gud er ikke *i* verden men *utenfor* den. I substansene ligger et antall muligheter, slik f.eks. et trestykke kan bli et økseskaft,

men også et kosteskaft, men f.eks. ikke en katt. Når trestykket blir det ene eller andre av sine substansielle muligheter har denne forandringen en naturlig årsak. Når vinen i nadverden blir Kristi blod, kan denne forandringen ikke ha en naturlig årsak i samme forstand, men allikevel være forenlig med thomismens vitenskapelige grunnantagelser. Den kristne nadverden fortolkes som en *transsubstansiasjon*, slik at essensen i en substans, brødet, gjennom et overnaturlig årsaksforhold, mottar eksistens som essensen i en annen, Kristi legeme, mens dets aksidensielle egenskaper blir beholdt.

Troen er for Thomas Aquinas at intellektet gir sin tilslutning til noe gjennom en slags viljesakt, mens viten er at intellektet beveges til å akseptere noe av erkjennelsesobjektet selv. Og, i begge tilfeller dreier det seg om intellektets tilslutning, både av den som sier at han *vet* at en substans ikke kan endre seg til en annen, og som derfor ikke tror, og for den som beveges av viljen til å forkaste sin viten og tro det allikevel. Det katastrofale for de troende er, at ved Galileis corpusculærteori vil den begrepsstruktur som nadverdsdogmet er utlagt etter, ha mistet sin gyldighet som fortolkningsprinsipp for dogmet. Med corpusculærteorien er det ikke lenger noen viten som troen kan overskride. En transsubstansiasjon på et slikt grunnlag, er noe intellektet hverken kan tilslutte seg eller forkaste. Den lar seg rett og slett ikke tenke i slike kategorier, og dogmet glir nå ned i den dypeste uklarhet. Der har det senere befunnet seg.

Hvilke muligheter står nå igjen for den troende? Den troende kan for det første ikke samtidig tro at all virkelighet er skapt av Gud, og at sannheten likevel er dobbel; altså at corpusculærteorien er sann som vitenskap betraktet, mens thomismen er sann som teologi. Det kan by seg en mulighet dersom man aksepterer at brødet er et *symbol* på Kristi legeme, men da har man også akseptert det protestantiske kjetteriet, som betrakter nadverden som en symbolsk handling.

Som vi ser, tilsidesetter den galileiske oppfatningen av naturen den thomistiske filosofien, og blir en meget alvorlig sak. Hvorfor fikk da ikke anklageskriftet som fulgte *Il Saggiatore* noen alvorlige følger for Galilei?

Det første angrepet, kort etter utgivelsen av *Il Saggiatore*, hadde falt dødt til jorden. Hvorfor ble ikke også denne gang angrepet avverget av Galileis venner – og paven? Det politiske landskap, og dermed også maktfordelingen, hadde i mellomtiden endret seg dramatisk. Frankrike hadde åpent alliert seg med svenske og tyske protestantiske makter og med dette, indirekte, styrket jesuittenes posisjoner i Vatikanet i en slik grad at Paven ikke lenger var i stand til å beskytte Galilei mot fordømmelse. Det meste han kunne utvirke nå var, som nevnt, å dirigere beskyldningene mot ham i retning av en mindre alvorlig anklage, nemlig den kopernikanske astronomien.

En rettssak kan skjule en annen. For å unngå at denne store vitenskapsmann skulle bli utsatt for en anklage som uten tvil ville ført ham på bålet, nemlig anklagen for å forsvare en atomistisk oppfatning av materien, er det at Paven omgår jesuittenes angrep og styrer saken i hendene på folk som var mindre farlige for Galilei. Dette er Redondis poeng. Galilei skal ha blitt overbevist på et hemmelig møte under selve prosessen om nødvendigheten av å være med på spillet og erklære seg skyldig.

Nyanserende perspektiver

Den viktigste opplysningen vi kan hente ut av Redondis bok, er at Galilei blir beskyldt for en mindre alvorlig forbrytelse enn hva han kunne blitt beskyldt for, og at man på høyeste hold innen Kirken var klar over dette. Dette gir nyanserende perspektiver på den alminnelige oppfatning at alle forsøk, fra Duns Scotus via Wycliff til Luther, på å ta opp til drøfting nadverdsdogmet, hadde strandet på kirkens beinharde doktrinære standpunkt. Dogmet ble utformet på laterankonsilet i 1215 og bekreftet på tridentinerkonsilet i 1545, hvor forøvrig en rekke læresetninger var redigert av jesuittene. Dogmet synes å utgjøre selve den harde kjerne mot det protestantiske kjetteriet.

Det som for oss i dag kan se ut som en obskur teologisk debatt, var altså ved begynnelsen av det 17. århundre selve hjørnestenen i den vitenskapsteoretiske grunnlagsdebatten. Hvordan skal man ellers forklare at fremtredende og moderne tenkere som Descartes, Malebranche og Pascal brukte så mye tid på dette dogmet?

Det dreier seg altså ikke lenger entydig om fritenkeren Galilei som kjemper med sannheten som eneste våpen, men om en berømt og mektig mann som har sine medhjelpere ved pavens hoff. Det var allikevel et meget vanskelige skisma som førte frem til én sakral og én profan vitenskap. Det har på den ene siden vært dem som har forsøkt å befestige troens og vitenskapens gjensidige autonomi – og Galilei og Descartes var blant dem – og på den andre siden dem som tenkte som Augustin, at hvis troen ikke blir tenkt så er den intet verdt, og som derfor krevde at den vitenskapelige rasjonalitet skulle bygge på troens mysterier.

Referanser

1. J.M. Jauch, *The Trial of Galileo Galilei*, CERN-report 64-36, CERN, 1964.
2. Arthur Koestler, *The Sleepwalkers*, Hutchinson, 1959.
3. Pietro Redondi, *Galilée hérétique*, Gallimard, 1985.
4. Arne Næss, *Filosofiens historie*, Universitetsforlaget, 1961.

∞

Kan vi forstå alt?

*Bertel Grimeland**

Spørsmålene omkring ånd og materie er gamle, men synes stadig å være like aktuelle. Nå er det ikke bare religiøse mennesker i forskjellige varianter som går mot et materialistisk livssyn, også folk på «venstresiden» har funnet ut at det er nødvendig med en ikke materiell verden «bak tid og rom». Dette for å forklare en rekke fenomener som en finner ellers ikke kan forklares og for å gi plass for en fri vilje.

Det er ikke meningen her å ta opp en diskusjon om disse spørsmål, men jeg vil prøve å vise at det går an å ha et materialistisk livssyn og likevel ha plass til fri vilje og uforklarlige hendelser. Det dreier seg her om tro, og en må i og for seg godta en hvilken som helst tro, når den bare ikke strider mot ting vi vet (eller snarere mener å vite) er sanne.

Ingen kan benekte at det må være en sammenheng mellom våre tanker og materielle prosesser i hjernen. Alle som har drukket alkoholholdige drikkevarer – selv i beskjedne mengder – vil vite hvorledes alkoholen, et stoff med en relativt enkel kjemisk sammensetning, kan forandre våre tanker og vår måte å tenke på. Mange har også sett hvordan en hjerneskade, enten den skyldes ulykke eller sykdom, kan forandre et menneskes tenkeevne fullstendig.

Hvor er det ikke-materielle «sinn» under disse forandringer? Det er det så vanskelig å forstå for meg at jeg har måttet sette opp min første og eneste troens artikkel slik:

> *Jeg tror at all tankevirksomhet er knyttet til, og har sitt opphav i materielle prosesser.*

Dette har en konsekvens som jeg ikke kan huske å ha sett omtalt noen steder. Siden det er en grense for hva slags materielle prosesser som kan foregå i hjernen, må det også være en grense for hva slags tanker vi kan tenke. Det som skjer i hjernen er jo at materien på en uforklarlig måte oppfatter seg selv. Den prøver å forstå seg selv, men en kan ikke vente at den skal forstå alt. Likevel har en inntrykk av at motstandere av materialismen forlanger nettopp dette. Kan ikke teoriene forklare alt må en straks trekke inn ikke-materielle fenomener bak «tid og rom». Jeg synes heller man burde være forbløffet over at materien forstår så mye av seg selv som den faktisk gjør.

Fysikken er den eldste av naturvitenskapene, men i historisk sammenheng er den ikke gammel. Newton – for ca. 300 år siden – var den første som gav en tilfredstillende beskrivelse av mekaniske problem. For å gjøre dette måtte han finne opp en ny matematikk. Denne er heldigvis ikke vanskeligere enn at store deler av Newtons arbeider er tilgjengelig for elever i videregående skole, og studenter som deltar i lavere grads fysikkkurs ved våre universiteter kan selv følge beregningene som fører frem til planetenes ellipsebaner. Dermed er det ikke sagt at lærere og studenter skjønner alt. For «den sunne fornuft» er det fremdeles vanskelig å forstå hvordan kraft kan overføres gjennom tomt rom, men vi har vennet oss til det og tenker ikke særlig mer over det. Slik er det også gått med elektromagnetismen. Vi godtar feltbegrepet og regner med det, men forstår vi det? Med spesiell relativitetsteori kommer det inn noe nytt. «Sunn fornuft» vil avvise denne fordi den synes å bryte med våre erfaringer fra dagliglivet. Lyshastigheten kan da ikke være den samme i alle koordinatsystemer? Matematikken som brukes her er forholdsvis enkel og igjen er det mulig for lærere og studenter i lavere grads kurs å gjennomføre regninger som fører til resultater som kan synes merkelige, men som må godtas fordi de faktisk er i overensstemmelse med virkeligheten. Spesiell relativitetsteori er selvsagt av meget stor betydning i seg selv. I undervisningssammenheng tror jeg det også kan ha stor betydning at en her kan få demonstrert for studentene hvorledes beregninger utført etter et bestemt mønster kan føre til riktige resultater til tross for at utgangspunktet kunne synes merkelig og til dels uforståelig.

For er det noe som kjennetegner moderne fysikk så er det jo nettopp dette at regneregler, brukt på den riktige måten, fører til fornuftige resultater. Men regnereglene blir vanskeligere og vanskeligere, og det blir færre og færre som kan bruke dem. Dette blir tydelig allerede i generell relativitetsteori. Den matematikken som brukes her er så komplisert at undervisning for lavere grads studenter er utelukket. De fleste studenter ville neppe forstå noe av undervisningen og de færreste lærere ville kunne gi den. Er det da mulig å forstå generell relativitetsteori for folk som ikke forstår matematikken som benyttes i den. Noen mener det, og mange forsøk har vært gjort på å popularisere teorien. I en TV-serie for noen år siden ble det vist bilder av kompliserte flater som vel skulle vise strukturen i tid-rommet. For folk med visse forutsetninger (bl.a. kjennskap til Lorentz-transformasjonene og analytisk romgeometri) kunne vel dette gi noe av verdi. For folk flest tror jeg ikke det kunne gi noe som helst. Sikkert er det at en riktig forståelse av teorien er bare mulig gjennom den matematikken som teorien bruker.

Også kvantemekanikken strider mot sunn fornuft. Det synes umulig at lyset skal være både bølger og partikler. Likevel viser eksperimentene at det er slik, og noen geniale personer har lykkes i å lage en teori som faktisk gir en riktig beskrivelse av atomære fenomen. Matematikken er igjen et nødvendig verktøy, og for de aller enkleste systemer er den matematikken som kreves såvidt enkel at det er mulig for de fleste fysikkstudenter å forstå den. Derved kan en få en smakebit av teorien, som i et hvert fall gir en anelse om hvordan denne virker. Stort lenger enn dette kommer de fleste ikke. Matematikken blir snart så vanskelig at bare ekspertene kan følge med.

Kvantemekanikken stod frem i første halvdel av vårt århundre. Den ble skapt av en rekke usedvanlig begavete fysikere og disse samme fysikere diskuterte også heftig seg imellom hva teorien egentlig innebar. Full enighet ble det ikke, men det ble i et hvert fall klart at det man kunne beregne var sannsynligheter og ikke partikkelbaner. Dette har fysikere levet med siden. De godtar kvantemekanikken som den er og tenker ikke lenger så meget på de problemer og vanskeligheter som ble så intenst diskutert for 50 år siden. Dette betyr ikke at en forstår kvantemekanikken noe bedre nå. Tvert imot betyr det for de flestes vedkommende at de har innsett at dette kan de egentlig ikke forstå, men de må godta det. Noen skjønner selvsagt mer og kan lese beretningene om de «gamles» diskusjoner med fullt utbytte. Men såvidt jeg forstår er det få som vil mene at det er noen grunn til å ta opp igjen disse diskusjonene idag. Her er man faktisk kommet så langt som det er mulig å komme.

Fysikken har gitt oss en naturbeskrivelse som har vist seg å være meget god og som har ført til enorme resultater. Dette betyr på ingen måte at vi forstår

*Fysisk institutt,
Universitetet i Oslo.

alt og det kommer vi heller aldri til å gjøre.

Klassisk fysikk er deterministisk. Dette er brukt som en begrunnelse for å hevde at dersom alt bare er materie, så skulle det være mulig å forhåndsberegne alt hva et menneske skulle komme til å tenke og oppleve gjennom livet. Dette er ikke riktig. Står vi og betrakter en foss vil vi se at hovedtrekkene i fossens utseende er de samme hele tiden. Disse kunne det kanskje være mulig å beregne dersom en visste nok om grunnforholdene, vannføring osv. Men ser vi så på detaljene vil vi se at disse skifter hele tiden. Det er jo dette som gir fossen liv. Og oppførselen til alle de store og små vanndråpene som stadig faller på nye måter, den vil aldri kunne beregnes på forhånd, uansett hvor stor datamaskin man måtte ha. Det er bare fossen selv som kan «beregne» dette, ved simpelthen å la vannet renne slik det gjør. Noe fritt valg er det likevel ikke tale om her. Vannet påvirkes av gravitasjonen og av hydrodynamiske krefter. Bevegelsen følger sikkert hydrodynamikkens lover, men kan ikke forhåndsberegnes fordi systemet er for stort.

Annerledes er det med en fisk som svømmer i elven under fossen. Den er også påvirket av gravitasjon og hydrodynamiske krefter, men det er ikke disse alene som bestemmer dens bevegelse. Den kan lage sine egne krefter og i forhold til vannet har den faktisk et visst fritt valg. Fiskens bevegelser kan ikke beregnes ut fra hydrodynamikkens ligninger alene. Det skjer noe i fiskens hjerne og dette er i høy grad med på å bestemme fiskens bevegelse. Skal vi kunne forhåndsbestemme fiskens bevegelser må vi også kunne regne ut hva som skal komme til å skje i fiskens hjerne. Jeg går ut fra at de fleste vil være enige i dette, for det er vel de færreste som tror at fisk har et eget ikke-materielt sinn.

Så er spørsmålet: *Er det da i det hele tatt mulig å regne ut noe om hva som skal skje i fiskehjernen?* I praksis er dette helt sikkert umulig og såvidt jeg forstår må det også være det i prinsippet. Det må bli snakk om kvantemekaniske beregninger og det en kan få ut er sannsynligheter. Resultatet av enkeltreaksjoner kan da ikke forutsies og det må være nettopp enkelte reaksjoner i fiskehjernen som bestemmer fiskens bevegelse. Men hvis det er så at det i prinsippet er umulig å forutberegne fiskens bevegelse, da må det være riktig å si at fisken faktisk har en mulighet for valg, og skal valgmuligheten være reell må det være mulighet for et fritt valg.

Om dette gjelder for fiskens hjerne, så må det også gjelde for menneskets hjerne. Siden denne er så meget bedre utviklet, med plass for tankevirksomhet og vilje, kan en her sette et annet navn på muligheten for det frie valg og kalle det fri vilje.

Min antagelse om at tankevirksomhet har sin årsak i materielle prosesser er et uttrykk for tro. Med dette som utgangspunkt tror jeg altså videre at mennesket har en mulighet for valg i de situasjoner det står overfor. Fysikken kan selvsagt ikke bevise at troen er riktig, men den kan – såvidt jeg kan se – heller ikke motbevise det. Mange synes å mene at mennesket taper i verdi ved en slik tro. Materien er «simpel», ånden er «edel». Jeg forstår ikke dette. Alle må idag godta at det er en klar sammenheng mellom materielle prosesser i vår hjerne og vår tankevirksomhet, selv om denne siste også skulle være styrt av et ikke-materielt sinn. Hvordan materielle prosesser i hjernen kan oppfattes av oss som tanker er vel idag uforståelige for alle. Og om nå den endelige styring ligger i materien selv, så blir ikke våre tanker noe annerledes for det. Våre følelser er der jo, som de har vært i lange, lange tider, lenge før noen begynte å tenke på slike spørsmål som dem jeg stiller her. Resultatene av menneskets åndsvirksomhet gjennom tidene er også de samme og ligger der, fra bruk av ilden til konstruksjon av kjernefysiske våpen.

Så er det alle de uforståelige hendelser. «Det er mer mellom himmel og jord enn menneskene kan forstå» sies det. Ja selvfølgelig er det det. Med tankevirksomheten fullstendig bundet til materielle prosesser må vi jo nettopp vente at våre muligheter for forståelse er begrenset. Når det gjelder parapsykiske fenomen er disse vanskelig å undersøke fordi eksperimentene ikke er reproduserbare, men dersom slike fenomen virkelig forekommer, så er det klart at det dreier seg om noe som vi enda ikke forstår. Astrologi vil jeg derimot på det bestemteste avvise. Planetbevegelser er av de få ting som virkelig lar seg bestemme for lang tid fremover. Skulle nå planetbevegelsene igjen bestemme over hendelsene i våre liv, så måtte også disse hendelser være forutbestemte, og det tror jeg ikke de er.

Kan så troen på at all tankevirksomhet er knyttet til materielle prosesser kombineres med troen på Gud og på et evig liv. Svaret må være nei. En gud som skal være allmektig og som skal være tilstede overalt til samme tid kan ikke være materiell, like lite som en sjel som lever etter at legemet er dødt kan være det. Her er det gudstroen som er det vesentligste. Mange, kanskje de fleste, tar denne for gitt ut fra det de har lært som barn. Noen gjør ikke det, men kommer likevel etter mange funderinger og spekulasjoner frem til at de må tro på en gud. Disse må da også regne med en ikke-materiell verden «bak tid og rom». Andre, som også spekulerer, kommer frem til at de ikke kan tro på noen gud. Disse kan da dele min tro, men de behøver ikke gjøre det. De som tror på en gud, tror kanskje også at de en gang skal få svar på sine spørsmål om hvordan tingene henger sammen. Jeg tror ikke jeg får det, men en kan jo ikke la være å spekulere likevel.

∞

BOK – Kronikker

Erik Dammann: Bak tid og rom, Dreyers forlag, 1987 (384 sider).

Forfatteren av boken «Bak tid og rom», Erik Dammann, har satt seg meget høye og ambisiøse mål. Han vil nå frem til et enhetlig og helhetlig syn på den verden som omgir oss, og som vi selv er en del av. Med andre ord vil han, som tidligere tiders filosofer, skape seg et verdensbilde, noe som i vår moderne tid kanskje ikke lenger har den store appell.

Dammann, som selv ikke er fysiker, finner ut at han vil begynne sin søken hos en fysiker med kvantefysikk som spesialfelt. Etter råd fra en god venn oppsøker han Kristoffer Gjøtterud ved Fysisk institutt på Blindern. Ved å gå i lære hos ham i mer enn ett år, oppnår forfatteren en god innsikt i kvantefysikkens viktigste innhold. Avgjørende for hele hans holdning blir det kjennskap han får til Aspect-forsøket i Frankrike. Han gir en skisseaktig, ikke helt vellykket fremstilling av dette eksperiment, hvis resultat jo gir en bekreftelse på København-skolens tolkning av kvantemekanikken. Man kan forundre seg over at Dammann, som foretok omfattende reiser i England og USA for der å intervjue forskere av forskjellige kategorier, forsømte å foreta en minireise til København, selve arnestedet for kvantemekanikkens oppståen og tolkning. Men det er vel med ham som med oss andre nordmenn at ny kunnskap søker vi gjerne ved å dra i vesterveg.

Dammanns bok representerer et kjempearbeide som strakte seg over et tidsrom av mer enn to år. Han sier i begynnelsen at han er på jekt etter et bilde av virkeligheten som gir rom for de spørsmålene den vanlige vitenskapen har skjøvet til side. Dette er spørsmål som, hevder han, kan samles i dette ene: Finnes det noe *ikke-materielt* bak naturen og bevisstheten, noe som antyder muligheter utover det lovmessige som forskningen skal avdekke?

Man må vel allerede her ha lov til å anta at Dammann har en i videste forstand religiøs holdning til livet og virke-

ligheten. Og i denne sin holdning ser han en sammenheng med de konsekvenser kvantefysikken har ledet frem til. Ifølge kvantefysikken kan atskilte deler av et system, deler (for eksempel to partikler) som opprinnelig har vært i fysisk kontakt, forbli forbundet uavhengig av tid og avstand. En observasjon av – eller måling utført på – den ene av delene har en momentan innvirkning på den andre delen uavhengig av avstanden mellom dem. Dette resultat av Aspect-forsøket tolker Dammann dithen at fysikerne hermed har overskredet det den gamle naturvitenskapen oppfattet som virkelighetens materielle grunnlag. De to delene danner en *helhet* svarende til en dimensjon av virkeligheten som ikke kan forstås ved vanlige tid- og rom-begreper.

Virkeligheten har i tillegg til den rent fysiske side en komplementær ikke-materiell side, som er av åndelig art, sier han.

Dette syn bygger Dammann på gjennom hele sin bok. Med stort mot planla og foretok han en omfattende reise til England og USA (i sistnevnte land både til østkyst og vestkyst) og intervjuet der mer eller mindre kjente forskere innen de forskjelligste disipliner, først og fremst fysikere. De fleste av disse forskere hadde en oppfatning som langt på vei, men kanskje ikke helt harmonerte med hans egen oppfatning.

Dammann er særlig opptatt av spørsmålet om menneskets frie vilje, den dermed sammenhengende valgfrihet og det ansvar menneskene eventuelt har for sine valg. Dette går som en rød tråd gjennom hele boken. Han drar hele tiden til felts mot det gamle, mekanistiske verdensbilde hvor alt som skjer, også våre tanker, følelser og tilsynelatende valg er på forhånd determinerte. Støtte for sin holdning her finner han i kvantemekanikken, og ikke bare der, men også i de moderne og likevel klassiske teorier om kaos.

Dammann oppsøkte i USA også mer eksotiske miljøer, som parapsykologer, tryllekunstnere, personer som ved hjelp av sin psykiske kraft bøyer metall, forskere som gjør bruk av synske personer i sine eksperimenter etc.. En del av de forsøk som utføres innen denne genre foregår også innen enkelte vitenskapelige miljøer. De blir derfor, tilsynelatende i hvert fall, gjenstand for seriøse og kritisk kontrollerende instanser. Dammann er selv meget kritisk overfor slike eksperimenter, men hevder at man må stille seg åpen og ikke-avvisende overfor resultater som klart synes å peke i retning av eksistensen av åndelige krefter som *virker inn* på vår kjente virkelighet.

Det helhetsprinsipp som kvantemekanikken, og spesielt Aspectforsøket, har avslørt, blir for Dammann en slags nøkkel til forståelse av hele virkeligheten. Helhetsprinsippet, det holistiske prinsipp, er immaterielt og representerer et ovenfra regulerende prinsipp som organiserer virkelighetens enkelte deler. Interessant i denne forbindelse er hans omtale av darwinismens og ny-darwinismens evolusjonsmodell. Han nevner eksempler som tyder på at modellen er utilstrekkelig som forklaringsmodell for evolusjonen. Men hvis helhetsprinsippet trekkes inn, vil eksemplene bedre kunne forstås.

Helhetsprinsippet er for Dammann et åndelig prinsipp og settes i sammenheng med vårt sinn og vår bevissthet. Bevissthetens problem er bokens hovedtema, og han finner her en viss støtte for sine omfattende spekulasjoner hos enkelte hjerneforskere. Det er også i denne forbindelse han oppsøker representanter for de mer eksotiske miljøer som jeg tidligere omtalte. Helhetsprinsippet blir for Dammann et universelt prinsipp som eksisterer bak tiden og rommet, det vil si uavhengig av tid og rom. Det representerer en slags verdensbevissthet som *er* i alt, og som derfor også de enkelte menneskelige bevisstheter har del i. Delen er i alt, og alt er i delen, som han hevder. Nærliggende blir det da for Dammann å anta at vår bevissthet på en eller annen måte fortsetter sin eksistens som del av denne kollektive bevissthet også etter døden.

Til slutt i boken omtales forholdet mellom religion og vitenskap i lys av den nye virkelighetsforståelse. Med religion refereres da ikke til noe bestemt trossamfunn, men religion på generell basis, det som er felles for alle trossamfunn, med andre ord udogmatisk religion. Han mener det nye vitenskapssyn bør føre til fredsslutning mellom udogmatisk humanetikk og fornuftsbegrunnet tro, eller sagt på en annen måte: En fredsslutning mellom humanetisk fornuft og udogmatisk religion. Motsetningen mellom fornuft og religion er bare tilsynelatende. Paradokset oppheves ved den idé som er hentet fra kvantefysikken, idéen om komplementaritet.

Hvordan skal vi så gi en endelig vurdering av Dammanns bok?

Først vil jeg si at hans fremstilling av kvantemekanikken og dens konsekvenser er korrekt. Han har hatt en god lærer i Kristoffer Gjøtterud. Spørsmålet er om man overhodet kan følge ham i hans anvendelse av den moderne fysikk på de «åndelige» områder. Hva ligger det i, eller hvordan definerer man egentlig begrepet åndelig? Det er klart at det i kvantemekanikkens helhetsprinsipp, dens prinsipp om ikke-lokalitet som fysikerne uttrykker det, og som Aspect-eksperimentet har verifisert, ligger noe som strider mot den klassisk-mekanistiske lokalitetsbeskrivelse. Enkelte fysikere vil hevde at dette er det ingen som egentlig forstår, men hva vil det si å forstå eller ikke forstå i denne forbindelse? Vi må bare godta ikke-lokaliteten som et eksperimentelt faktum, som et utgangspunkt for kvantemekanikkens suverene beskrivelse av den kjente fysiske virkelighet. Dog, vi begynner å bli vant til dette, vi har jo hatt det samme problem med relativitetsteorien. Men med kvantemekanikken er det enda «verre», den går langt dypere i sin virkelighetsbeskrivelse enn relativitetsteorien. Vi kan si at vi må velge ikke-lokaliteten, eller komplementariteten, det vil i praksis si den kvantemekaniske bølgefunksjon som et utgangspunkt, og så dedusere den fysiske verdens egenskaper ut fra denne. Og et slikt dypest liggende utgangspunkt behøver ikke være direkte forståelig (hva vi nå måtte mene med det). Den fysiske virkelighet blir *forståelig i lys* av dette utgangspunkt, og et eller annet utgangspunkt må enhver teori ha.

Hos Dammann dukker det åndelige element opp som troll av eske, så å si, idet han hevder at helhetsprinsippet, som er inspirert av kvantemekanikken, er av åndelig art. Og det må han for så vidt gjerne gjøre. Men hva er egentlig motivasjonen for dette? Hva er det ved Aspect-eksperimentets to forbundne fotoner som, til tross for at de kan sies å danne en helhet, er av åndelig art? Kvantemekanikken gir jo en fullstendig *beskrivelse* av eksperimentet uten at det er nødvendig å gjøre bruk av ordet «åndelig». Da er det ifølge vanlig vitenskapelig terminologi et overflødig ord. Jeg tror det her skjuler seg et viktig poeng som ikke-fysikere neppe synes å være klar over. Det er at alt vi til syvende og sist kan gjøre i naturvitenskapen er bare å kunne *beskrive* virkeligheten, *ikke* forklare den. De fysiske teorier er skapt som et forsøk på å gi en sammenfattende og mest mulig omfattende *beskrivelse* av våre erfaringer ved hjelp av færrest mulig antall ord og begreper. Det er i denne forbindelse jeg hevder at ordet åndelig er overflødig når det gjelder å beskrive Aspect-eksperimentet. Ordet forklare brukes bare når vi skal beskrive fenomener på grunnlag av allerede etablerte teorier.

Når det gjelder de åndelige fenomener, det vil si våre sinns- og bevissthetsopplevelser, så omfattes ikke de av vår nåværende fysikk. Vi har ikke, foreløpig i hvert fall, noen formalisme, noe språk som kan gi en sammenfattende beskrivelse av våre erfaringer på dette område, i likhet med den formalisme, de teorier vi har for den øvrige natur. Men forskningen kan kanskje finne frem til en slik teori en gang i fremtiden. Først når vi har funnet frem til et fruktbart utgangspunkt for oppbyggingen av en

erfaringsmessig brukbar teori til beskrivelse av våre bevissthetsopplevelser, først da kan vi si at vi forstår dem. Men selve utgangspunktet finner vi frem til mer eller mindre tilfeldig, ved «trial and error»-metoden kanskje. Og dette utgangspunkt burde vel da stå i et komplementært forhold til ikke-lokaliteten i kvantemekanikken, som jo beskriver den fysiske virkelighet. Det skulle vel da snarere bety at ikke-lokaliteten, helhetsprinsippet, *ikke* skulle være koblet til de åndelige fenomener.

Ja, slik kan en kvantefysiker (en av de legendariske, kfr. Dammanns bok side 378) komme til å ordlegge seg. Jeg har i hvert fall store vanskeligheter med å følge ham i hans sammenkobling av kvantemekanikkens ikke-lokalitetsbegrep og de åndelige fenomener.

Men allikevel, Dammanns bok som er et resultat av omfattende lesning, samtaler og intervjuer med en rekke forskere av forskjellige kategorier, gir i all sin mangfoldighet et vell av faktiske opplysninger om de eksperimenter som disse forskere har utført. Boken kunne dog ha vunnet på en mer kortfattet fremstilling og et strammere opplegg. Det forekommer en del utsagn som i litt forskjellige formuleringer stadig går igjen. Men lesere som liker å filosofere over livet og virkeligheten forøvrig vil ha adskillig å hente i denne boken.

S. Skavlem,
Fysisk institutt,
Universitetet i Bergen.

∞

American Physical Society: SCIENCE AND TECHNOLOGY; DIRECTED ENERGY WEAPONS

SDI eller «Star Wars» står sentralt i stormaktenes nedrustnings-forhandlinger. SDI preger også den retning moderne forskning innen enkelte områder av fysikken beveger seg. APS har utredet de fysiske prinsipper og den teknologi et slikt rombasert forsvarssystem eventuelt må baseres på.

I motsetning til sin norske søsterorganisasjon, har American Physical Society helt siden Reagans famøse stjernekrigstale i mars 1983 stimulert til en aktiv debatt omkring SDI og eksotiske våpenteknologier. I tråd med dette vedtok selskapets råd i november samme år å ta initiativet til en ekspertutredning om strålevåpen (Directed Energy Weapons) og deres rolle i et eventuelt forsvarssystem mot ballistiske raketter.

Mindre enn ett år senere var det opprettet en studiegruppe på 17 personer bestående av fysikere og teknologer fra nasjonale forskningslaboratorier, industrielle organisasjoner og universiteter. Mange av medlemmene i gruppen er direkte engasjert i SDI-prosjekter, og det er på det rene at gruppen har hatt tilgang på gradert materiale. Gruppens rapport ble presentert for APS i april i år, etter å ha vært gjennomgått og godkjent av en «rewiew committee» som blant andre inneholder navn som er kjent for sin skepsis til SDI-programmet.

Det er altså tre år siden gruppen fikk sitt mandat, og i den amerikanske politiske virkelighet er dette lang tid. Det har vært et betydelig press fra faglig hold mot forestillingene om at rombaserte strålevåpen kan løse problemene med å finne et effektivt forsvar mot ballistiske raketter. På politisk hold har det gradvis demret hvor fjernt dette målet er, og SDI-organisasjonen (SDIO) har etterhvert blitt presset til å legge større vekt på mer kortsiktige løsninger basert på mer kjent teknologi.

En rapport utarbeidet av Marshall-instituttet på oppdrag fra SDIO blir av mange tolket som det avgjørende signalet på at omslag er i vente i SDI-satsningen. Denne rapporten skisserer et fullt integrert tre-lags system bestående av rombaserte kinetisk-energivåpen til bruk mot oppadstigende bæreraketter og mot stridshoder i fri ballistisk bane og hurtige bakkebaserte raketter for terminalforsvar.

Marshall-rapporten har vært utsatt for sterk kritikk, som tildels har vært den samme som kritikken mot de mer eksotiske konseptene. Riktignok vil de grunnleggende tekniske problemene og kostnadene bli mindre, men de tilsynelatende uoverstigelige vanskelighetene som går på systemarkitektur; pålitelighet av software, kommando, kontroll og kommunikasjon, og generell sårbarhet, er de samme. Dessuten hevder kritikere å ha påvist at heller ikke dette systemet kan bli kostnadseffektivt, fordi Sovjeterne, ved å plassere sine ballistiske raketter innenfor et relativt lite område, vil framtvinge utplassering av et uforholdsmessig stort antall kampstasjoner i lave baner for til enhver tid å ha tilstrekkelig mange våpen innenfor rekkevidde.

Den foreliggende APS-rapporten er derfor i en viss forstand «out-of-date». Dette er prisen en har vært nødt til å betale for å utarbeide et faglig relativt uangripelig produkt. Hovedvekten er lagt på en fyldig beskrivelse av «state-of-the-art» innenfor områdene: lasere og partikkelakseleratorer, storskala laseroptikk, vekselvirkning mellom stråler og forskjellige materialer, fjernmålingsteknikker for datainnsamling, sporing og diskriminering av objekter i ballistisk bane, og kraftproduksjon og energikonvertering for rombaserte kampstasjoner.

Sentrale debatt-temaer som systemintegrasjon, evne til å hanskes med offensive mottrekk og allmenn sårbarhet er bare behandlet i generelle vendinger. Til tross for dette, er det disse korte avsnittene som vil ha den største opinionsdannende effekt, fordi en her får en autorisasjon av en rekke påstander fra SDI-kritikere som aldri har vært akseptert offentlig av SDIO.

Andre viktige emner som kommando, kontroll og kommunikasjon, utvikling av pålitelig software og muligheten for et bakkebasert terminalforsvar av «harde mål» er overhode ikke nevnt. Likeså er alle vurderinger som angår strategi og rustningskontroll holdt helt utenfor.

Beskrivelsen av tilstanden innenfor høyenergi laserfysikk er absolutt lesverdig. Som kandidater for rombaserte våpen, men også til sporing og diskriminering, betraktes kjemiske lasere. For bruk mot bæreraketter regner man med at dagens kraftigste lasere må skaleres opp to til fem størrelsesordener i effekt. For bakkebaserte fasiliteter kombinert med rombaserte speil vurderes excimere og fri-elektron lasere. Excimere må skaleres opp med minst fire størrelsesordener fra dagens nivå, og fri-elektron lasere med bølgelengder ned mot 1m (lengre bølgelengder gir for dårlig fokusering av strålen) har ennå ikke vært demonstrert.

Partikkelstråler har i hovedsak vært vurdert i rombasert sammenheng. Hovedkandidaten er stråler av nøytrale partikler. Negative ioner blir akselerert i en RF lineær akselerator og ribbet for det ekstra elektronet. Nøytraliseringsprosessen setter en nedre grense for fokusering. Sikting og hurtig skifte av mål er et uløst problem, bl.a. fordi en mangler en nøyaktig metode for å registrere strålens retning. En regner at eksisterende akseleratorer må skaleres opp to størrelsesordener i effekt uten at strålekvaliteten forringes.

For kampstasjoner eller speil i lave baner må en kreve stråledivergens på mikroradianer eller mindre. For å minimalisere strålens divergens til de begrensninger som settes av diffraksjon må det utvikles fasekorreksjonsteknikker som til nå bare har vært demonstrert for lave effekter. Spesielt gjelder dette for bakkebaserte lasere der strålene fra mange lasere må samles i en enkel koherent stråle. For slike systemer vil det også være nødvendig med dynamisk fasing av et stort antall speil

for å oppnå en tilstrekkelig stor effektiv apertur. Et annet viktig problem er energiabsorbsjon i de optiske belegg på speil. Selv med en optimistisk ekstrapolasjon av optimal reflektivitet, regner en med at mange rombaserte speil vil trenge effektiv kjøling. Det fins imidlertid ingen konkrete forslag til hvordan dampene fra kjøleprosessen skal holdes unna strålen.

Kapitlene om mottiltak og om sårbarhet er korte, men desto mer interessante. Det slås fast at selv med dagens teknologi kan brenntiden for bæreraketten kortes ned til under 60 sek, slik at løftefasen er avsluttet allerede i 80 km høyde. Etter dette tidspunktet blir stridshodene fordelt (ca. 10 pr bærerakett) sammen med opptil 1000 lettvektige «narrehoder». Etter fordelingsfasen er altså antall målobjekter økt med en faktor 1000. Det blir derfor understreket flere ganger at en effektiv avskjæring allerede i løftefasen er helt avgjørende. Men i 80 km høyde er det fortsatt tilstrekkelig atmosfære til at en rekke av de aktuelle strålevåpnene vil være ineffektive. Dette gjelder spesielt den såkalte røntgenlaseren og nøytrale partikkelstråler. En reaksjonstid på 60 sek for å eliminere alle bæreraketter stiller også ekstreme krav til forsvarssystemet.

Det påpekes at en rekke av de våpnene en tenker seg utviklet faktisk har mye større potensialer som angrepsvåpen mot rominstallasjoner av SDI-type enn som trussel mot ballistiske raketter. Dette er særlig tilfelle for en eventuell røntgenlaser. Denne laseren, som tar sin energi fra en kjernefysisk eksplosjon, vil kunne skyte et «hull» oppover i atmosfæren fra ca. 80 km høyde, og dermed ramme installasjoner i større høyde, mens et tilsvarende skudd ovenfra og ned ikke vil gjøre samme skade. En kommer altså i den paradoksale situasjon at mange gjennombrudd i SDI-forskningen faktisk undergraver muligheten for å realisere Reagans kongstanke, fordi de muliggjør bedre angrepsvåpen enn forsvarsvåpen.

Rapporten diskuterer en rekke fantasifulle forslag til å redusere sårbarheten til et fullt utbygd SDI-system. Alle blir funnet tvilsomme. Gruppens konklusjon blir at disse forholdene må studeres nøyere. Noen annen konklusjon kunne man ikke vente når man tar i betraktning gruppens sammensetning. Et spørsmål som ligger på manges lepper blir imidlertid aldri stilt: Hvor fornuftsstridig skal et konsept bli, før det vitenskapelige establishment beslutter å bruke kreftene sine på noe annet?

Kristoffer Rypdal,
Institutt for matematiske realfag,
Universitetet i Tromsø.

∞

Konferanser

European workshop on high temperature superconductors and potential applications Genova 1.- 3. juli 1987

Denne «workshop» ble organisert av Fellesmarkedets forskingskommisjon. Det deltok over 600 personer, mange fra land utafor Fellesmarkedet. Norge stilte med 17 deltakere og ett innlegg (*K.Fossheim*, NTH). De norske utsendingene representerte både bedrifter, forskingsinstitutter og forskingsråd.

Det ble arrangert en ekskursjon til ANSALDO, en stor elektrisk bedrift som bl.a. lager supraledende magneter og kvadrupoler av «gammel» type (Type II supraleder) til CERN, den europeiske Tokamak og andre store installasjoner for høyenergifysikk. Møtet forgikk i en nøktern atmosfære som kanskje var et antiklimaks etter det store møtet i New York i mars 1987. Materialforskerne var kommet ned på jorda igjen og hadde funnet at det lå hardt arbeid foran dem før de praktiske anvendelsene var innen rekkevidde.

Årets Nobelprisvinnere *J.G. Bednorz* og *Alex Müller* (se side 74) fant i 1986 det første supraledende stoffet av den nye typen og startet det verdensomspennende kappløpet blant materialforskerne litt seinere. Dette resulterte ganske raskt i at supraledende stoffer med enda høyere kritiske temperaturer ble funnet. En har altså nå to «familier», nemlig den første av typen Ba-La-Cu-O og den andre av typen Y-Ba-Cu-O («YBCO») med $T_c = 92$ K. I begge tilfeller dreier det seg altså om kopperoksider. Stoffene er keramiske og meget anisotrope i sin oppførsel. De kan framstilles i form av sintrede tabletter, tynne filmer og, nokså nylig, som små enkrystaller. De er nå blitt undersøkt med alle de fysiske hjelpemidler en har til rådighet, og teoretikerne har tilsvarende prøvd å forklare de merkelige egenskapene med flere titalls teorier. Enda har en ikke funnet det avgjørende eksperiment eller resultat som kan si oss hvilken forklaring som er rett. En av foredragsholderne på møtet karakteriserte derfor stoffene som «Unidentified Supraconducting Objects» = USO's ! Flere nye varianter av den gamle BCS-teorien er blitt benyttet.

Når det gjelder anvendelser er det flere springende punkter. Den rene, supraledende fasen er vanskelig å framstille, en får gjerne flere ikke-supraledende faser samtidig. Stoffenes keramiske karakter gjør dem vanskelige å bøye og lage tråd av. Dette kan overkommes ved å inneslutte pulveret i metallrør og siden sintre det sammen. Tilsvarende problemer med de «gamle» Type II supraledere (SL) er blitt løst ved spesielle metallurgiske prosesser, så det er håp. Strømtettheten er foreløpig ganske lav og må økes med flere tierpotenser hvis en skal ha noen praktisk nytte av dem. Stoffene er ganske følsomme for ioniserende stråling, fuktighet og mengden av gitterfeil i oksygenmønstret.

De mest sannsynlige anvendelser i første omgang vil nok være i små enheter, slik som SQUIDS eller hybridenheter av supraledere og halvledere. Da kan en tenke seg datamaskiner med meget høye regnehastigheter og lav effekt. Supraledende magneter for MRI, lavtaps koaxkabler og elektriske transmisjonslinjer må nok vente en stund.

OPPDAGELSEN

Bednorz fortalte i sitt innledningsforedrag hvordan han og Müller systematisk hadde undersøkt den ene stoffklassen etter den andre med henblikk på å finne nye supraledere. De var etterhvert blitt interessert i oksider, slik som spineller og perovskitter. I syttiåra hadde en nemlig funnet flere som var SL ved 13K, bl.a. $Li_{1+x}Ti_{2-x}O_4$. Noen var av typen med såkalt blandet valenstilstand («mixed valence») for noen av atomene. Dette var en ledetråd som var nyttig. Dessuten måtte en ha sterk kopling mellom de vandrende elektroner som ble frigjort. I 1983/84 kom en artikkel av *Høck-Thomas* (HT) som forutså at SL kunne forårsakes av polaronkopling i såkalte ikkelokaliserte (itinerant) Jahn-Teller systemer. I 1983 rapporterte *M. Raveau* i Caen strukturundersøkelser av La-Ba-Cu-oksider, og dette viste seg å være stoffer som lå nær opp til de kriteriene som HT hadde satt opp. En utprøving av $(Ba_xLa_{1-x}2CuO_{4-y}$ viste også at stoffet var SL ved 35K. Utgangsstoffet La_2CuO_4 er strukturelt analogt med K_2NiF_4. Iblandingen av små mengder bariumatomer (Ba-atomet litt større enn La-atomet og toverdig) fører til blandet valens for Cu-atomene, Cu_{2+} og Cu_{3+}. Stoffet har en sjiktstruktur med lag av CuO_6 oktahedra atskilt av (La,Ba)O-lag. Disse oktahedra er litt forlenget i c-aksens retning, se fig.7 i (1). I planene normalt på c-aksen ligger CuO_4 kvadrater forbundet med hverandre.

For den andre SL-familien finner en også forbindelse til perovskitt-cella, men en må tenke seg å ta vekk en del oksygenatomer i cella. I stedet for CuO_6 oktahedre får en nå bare CuO_4

kvadrater og CuO_5 pyramider forbundet med hverandre. Disse utgjør både et flatt nettverk og dessuten lange kjeder normalt på c-aksen.

For begge familiene finner en at de har metallegenskaper over T_c, dvs resistiviteten stiger med temperaturen. «Mor»stoffene, La_2CuO_4 og $YBa_2Cu_3O_6$, har derimot halvleder-karakter der resistiviteten synker med stigende temperatur. For den første SL-familien finner en at Fermi-flaten er et kvadratisk prisme.

TEORIER[2-5]

Det så lenge ut som naturen hadde satt en grense på rundt 23 K for SL, slik at teoretikerne faktisk var overrasket over oppdagelsene. På møtet var det flere innlegg der ulike forklaringsmåter kom til uttrykk. *BCS-Eliashberg* teorien har vært enerådende i 30 år. Ifølge BCSE kan den kritiske temperaturen for SL-stoffer skrives

$$2\pi kT_c = 1.13 \cdot \hbar w_D \exp[-1/n(E_F)V^*].$$

Her er $n(E_F)$ elektrontilstands-tettheten ved Fermi-energien E_F, w_D en middel fononsirkelfrekvens (Debye-frekvens), og V* er en koplingskonstant mellom fononer og elektroner. k og h har deres vanlige betydning. For å få høy verdi for T_c kan altså teoretisk tenke seg store verdier for enten w_D, $n(E_F)$ eller V* eller en kombinasjon av flere. Hvis V* er stor, vil en ved denne sterkere koplinga finne at fononenes egenfrekvens og energi minker («soft phonons») og en får overgang til en ny struktur med lavere elektron-fonon kopling. Hvis en på den annen side fant andre sterkere bindingsmåter enn fononer for elektronparene, ville den høyere bindingsenergien føre til «tunge» elektronpar som ikke ville oppvise Bose-kondensasjon og delokalisering. Dessuten er det framleis et stort spørsmål om en virkelig observerer SL inne i stoffet («bulk effects») eller om det er overflatefenomener en til nå har sett på. Målinger har likvel vist at $n(E_F)$ er forholdsvis liten for de nye SL-stoffene. Dette er motsatt av hva som er tilfelle for de klassiske SL. På den annen side er w_D forholdsvis høy pga lettere atomer i de nye SL.

En forklaringsfamilie tar utgangspunkt i båndteorier og hybridisering av 3d-2p orbitalene fra henholdsvis kopper og oksygenatomene i Cu O_6 oktahedrene i $(La,Ba)_2$ Cu O_4. På grunn av oktaheder-deformasjonen vil degenerasjonen av disse hybrid-orbitalene som peker fra Cu til O, bli opphevet. En får da to bånd der det ene er et slags todimensjonalt ledningsbånd halvfullt av elektroner. Fermi-«flaten» blir sidekantene i bunnen av prismet vi omtalte ovenfor, og ledningsegenskapene blir svært retningsavhengige i krystallen. Anisotropien er avhengig av temperatur og ytre magnetisk felt. Ved Hall-effekt målinger har en også funnet at ledningen skjer ved bevegelige hull.

En annen forklaringsfamilie tar utgangspunkt i koplingen elektroner-fononer gjennom «pustebevegelsen» (breathing mode) i CuO_6 oktahedrene. Denne svingningen endrer hybridiseringen mellom d- og p-orbitalene. Når et hull befinner seg i et Cu O_6 hull og deformasjon vil kunne bevege seg gjennom krystallen. Vi er dermed over i polaron eller muligvis bipolaron-bildet dersom to polaroner med motsatt spinn legger seg ved siden av hverandre. Dette er svært nær Høck-Thomas spådom fra 1983.

I andre varianter av teorier finner en forslag om helt nye koplings-mekanismer mellom elektronene gjennom kvasipartikler med boson-karakter slik som eksitoner og plasmoner, altså ikke-fononer. De aller siste eksperimenter med nøytronspredning på mor-stoffet La_2CuO_4 tyder på at vi her har en tredimensjonal antiferromagnetisk (AF) ordning ved lav temperatur, men en slags todimensjonal dynamisk antiferromagnetisk tilstand ved høyere temperatur, over 200 K: Det fins momentane AF-spinnkorrelasjoner i CuO_2 planene, parallelt med sjiktene uten at en finner magnetiske momenter på Cu-atomene i tidsmiddel. Noe liknende vil kunne tenkes å forekomme i det nær beslektede SL-stoffet. Dette er nettopp i retning av P.W. Andersons forklaring for de nye SL ved en såkalt «resonating valence bond» (RVB) tilstand eller en slags kvante spinnvæske som ble forutsagt allerede i 1973. Det er derfor vel mulig at det virkelig er spinnfluktuasjoner, altså en slags magnoner og ikke fononer som kopler elektronene sammen i par. Parkoplingen av elektroner er helt sikkert fastslått ved måling av størrelsen av fluxkvantene i en ring av de nye SL stoffene. *Schrieffer* understreker også nettopp betydningen av AF fluktuasjoner. Vi ser altså at det er mange åpne spørsmål når det gjelder den teoretiske forståelsen av disse «USO's».

ANVENDELSER

A.D. Appleton gikk gjennom hvilken utbredelse og eventuell virkning anvendelsen av de nye SL ville kunne få i den «tunge»
elektriske industrien. Han gikk gjennom bruk i D.C. motorer, D.C. generatorer, transformatorer, transmisjonslinjer, energilagring, transport, magnetisk separasjon, fusjon og MHD. En hadde stort sett funnet løsninger der en brukte A15 (Type II) SL for de fleste anvendelser, men de var nok ikke økonomisk lønnsomme eller kunne konkurrere med vanlig teknologi. Dersom en nå istedet kunne framstille nye SL

med mekanisk gode egenskaper slik at en kunne bruke flytende nitrogen istedet for He, ville nok anvendelsene raskt melde seg. Han antok også at en med de nye materialene ville se helt nye konstruksjoner der en hadde frigjort seg fra tradisjonelt tenkesett. Helt nye anvendelsesområder ville da kunne åpne seg.

KONKLUSJON

I Japan, USA og andre store land satses det nå enormt med penger på dette feltet. Bedrifter og forskingsinstitusjoner har startet opp store grupper som skal produsere og karakterisere de nye SL.

Norge gjør nok lurt i å holde et våkent øye med utviklingen slik at vi ikke blir tatt på senga. Vi er et høyteknologiland med bedrifter som tildels produserer og konkurrerer på det internasjonale marked. Vi er også avhengig av å kunne håndtere store energitransporter langs langstrakte transmisjonslinjer innenlands. I det elektriske fordelingsnettet er det ohmske tap på opptil 15%. Innføring av SL linjer med lite tap ute i verden ville endre konkurranseforholdene drastisk.

Gjennom et samarbeid mellom norske kjemiske og fysiske laboratorier har en kunnet gjøre en bemerkelsesverdig innsats. På grunn av nedtrappinga innen faststoffysikk over de siste 15 åra har en bare et begrenset antall kompetente forskere til disposisjon. Faststoff-fysikk er et vidt område med mange felt som Norge bør holde under oppsikt samtidig. Hvis vi nå plutselig skulle satse stort innen høytemperatur SL vil det kunne gå ut over andre felt. Forsking innen lavtemperaturfysikk har vært marginal og spesielt supraledning ble nedlagt i Norge for over 10 år siden. Arbeidet som likevel er gjort innen feltet har bestått i å koste støvet av 20 år gamle instrumenter i Fysisk institutts kjeller på Blindern og sette i gang.

I lys av det som skjer ute i verden burde en eventuell norsk gruppe som skulle ha håp om å gjøre noe grunnleggende innen det nye feltet, måtte ha en minstestørrelse på 5-6 mann der en sikrer seg et samarbeid mellom gode kjemikere, fysikere og teoretikere. Det siste er fullstendig mangelvare i Norge. Det som er hendt det siste året, er derfor nok en påminnelse om at Norge må ha en langsiktig forskingspolitikk der kompetente organer har ansvar for at norsk fysisk forsking har den størrelse, bredde og kvalitet som er nødvendig for et høyteknologiland for ikke å bli overkjørt og avhengig av de store bedrifter ute i verden.

Referanser

1. O. Steinsvoll og J.L. McCauley, Supraledning – mot nye rekorder. Fra Fysikkens Verden, **49**, 43 (1987).
2. J. Vilain and S. Gregoli (Eds.), *Proceedings from European Workshop on High T_c Superconductors and Potential Applications*, Genova, 1-3 July 1987. EEC Brussel.
3. J.M.F. Gunn, Theories of High Temperature Superconductivity, Rutherford Appleton Laboratory, RAL-87-071, 1987.
4. P.Campbell, A superconductivity primer, Nature **330**, 21 (1987).
5. Neutrons clarify superconductors, Science **237**,1115 (1987).

Olav Steinsvoll

∞

Nytt

Dr.philos. i fysikk

Ifølge Statistisk Årbok var det ved årsskiftet 1986/87 i Norge 144 kvinner med graden dr. philos.. Av disse var 51 tatt innen de matematisk naturvitenskapelige fag, – men ingen, såvidt Redaksjonen vet, i fysikk.

Nå er imidlertid «barrieren» brutt, og vi kan gratulere *Berit Kjeldstad*, Trondheim, som har forsvart sin doktoravhandling «*Photobiophysical studies of Propionibakterium acnes*» ved Fysisk institutt, AVH, Universitetet i Trondheim.

Avhandlingen tar opp lysfølsomhet i det langbølgete ultrafiolette og synlige området i en type hudbakterier som produserer porfyriner og som spiller en rolle i blant annet dannelsen av kviser.

Porfyrinkonsentrasjonen i cellene gjør dem fluorescerende. Kjeldstad har brukt blant annet fluorescens- og fosfor-NMR spektroskopi i sine studier. Hun har studert hvilke reaksjonsmekanismer som ligger bak lysnedbrytning av bakteriene. I de bølgelengdeområder hvor porfyriner absorberes, eksiteres porfyrin og reagerer med oksygen i omgivelsene. Det dannes singlet oksygen, som er giftig for cellene og fører til celledød. Samme reaksjonsmekanismer finner man ved fotodynamisk terapi behandling hvor kreftceller tilsatte eksterne porfyriner, bestråles med lys og dør. I de andre bølgelengdeområdene hvor porfyriner ikke absorberer er alternative reaksjonsmekanismer diskutert.

Opponenter ved disputasen var Johan Moan fra Biofysikkavdelingen, Radiumhospitalet, samt Gunnar Volden, Hudavdelingen, Regionsykehuset i Trondheim.

K. Mork

∞

IUPAP – nytt

På generalforsamlingen i IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) i Washington DC 29.-30. september 1987, ble professor Larkin Kerwin, Canada, valgt til president for neste treårsperiode, mens professor Jan Nilsson, Göteborg, fortsetter som generalsekretær.

Generalforsamlingen valgte følgende norske fysikere til å inneha verv i IUPAP for perioden 1987-90: Professor Per C. Hemmer (Trondheim) som medlem av eksekutivkomitéen; justerdirektør Knut Birkeland (Oslo) som viseformann i kommisjonen for symboler, enheter, nomenklatur, atomære masser og konstanter; professor Per Maltby (Oslo) som sekretær for kommisjonen for astrofysikk og professor Jens Feder (Oslo) som medlem i kommisjonen for statistisk mekanikk og termodynamikk.

∞

Bokomtaler

Fluid Interfacial Phenomena.
Utg. C.A. Croxton, Wiley,
Chichester, 1986 (775sider, £ 80,-).

Alle som er interesserte i grenseflater og deres egenskaper, må sørge for at denne boka er tilgjengelig. SOm ikke nettopp ved å kjøpe den selv (prisen er avskrekkende!) så ved å overbevise nærmeste bibliotekkomité. I ett omfangsrikt bind er samlet teoretiske og eksperimentelle oversiktsartikler over et bredt spektrum av overflateproblemer. Noen stikkord skulle antyde spennvidden: Den frie gass-væske overflaten og dens dynamikk, fukting, flytende krystaller, elektriske dobbeltlag, lysspredning, kuleformete overflater, spesielle overflateegenskaper til vann.

Forfatterne er førsteklasses fagfolk som, så langt jeg har kunnet gå dem etter sømmene, har gjort en samvittighetsfull og leseverdig jobb. Et spesielt poeng er at Sovjetsamveldets nestor på feltet er sterkt representert. Derved knyttes forbindelsen til en rik eksperimentallitteratur som er lite kjent i vesten.
Kort sagt: Ikke til å komme utenom.

Eivind Hiis Hauge

∞

E. Fernandez and A. Mendez (eds.): Electron-Positron Physics at High Energies. World Scientific, Singapore, 1987 (556 sider).

I mars 1986 ble det i Girona i Spania avholdt det 14. internasjonale vintermøtet om fundamental fysikk, og nå foreligger proceedings. Innholdet består av 11 fyldige artikler. De behandler eksperimentelt utstyr (kalorimetre, Cherenkovtellere, akseleratorer), litt «superteori», kosmologi, og QCD, og fyldige diskusjoner om aktuell testing av forskjellige aspekter av elektrosvak teori.

De fleste artiklene er skrevet for eksperimentalister, men kan også være til nytte for andre. Riktignok foreldes bøker som dette relativt raskt, men det er jo en følge av den store aktiviteten på området.

Kjell Mork

∞

Trim iFFV

FFVT-2/87

Min australske kollega professor Egghead liker eggene kokt i 5 minutter. Anslå hvor lenge han koker strutseegg som er omlag 25 ganger tyngre enn et hønseegg.

Løsning FFVT-1/87

La massen av planeten være m og radien r, for jorda M og R, og la høyden som vedkommende kan hoppe på jorda være h. Den potensielle energi som det siste tilsvarer er GMh/R^2, der G er gravitasjonskonstanten og h høyden. Denne energi må altså være tilstrekkelig til å overvinne all potensiell energi Gm/r på planeten:

$$GMh/R^2 > Gm/r\ .$$

Under forutsetning av at tettheten på de to planetene er den samme er massene proporsjonale med tredje potens av radiene,

$$M/m = R^3/r^3.$$

Det gir kravet $r^2 < hR$.

Med h=l m (med romdrakt kan selv Patrick Sjøberg ikke gjøre det særlig bedre) og R=6400 km fås begrensningen $r < 2{,}5$ km.

∞

Nytt fra NFS

Fysikermøtet 1988

FYSIKERMØTET 1988 skal arrangeres på Universitetet i Oslo i tiden mandag 13. juni torsdag 16. juni 1988. Den faglige delen av møtet er under forberedelse, men vi kan allerede nå skissere følgende interessante emner:

1. Norge går inn i romalderen gjennom sitt nye medlemskap i ESA. Dette skal markeres med en sesjon om romforskning og geofysikk. Dr. *Einar Tandberg-Hanssen* (NASA Marshall Space Flight Center) har sagt ja takk til vår invitasjon. Vi skal også ha en «Kristian Birkeland Lecture» som del av Fysikermøtet. Til dette er Dr. *Alan Dessler* (Rice University) invitert. Tittelen på hans foredrag er «Birkeland Currents in Relation to Modern Space Research».
2. Ozon er blitt et viktig området hvor fysikere og deres problemer får samfunnsmessig interesse og betydning. Dette vil vi ta opp under en egen sesjon og belyse de fysiske problemstillinger, analysemetoder og måleresultater. Vi håper også å få presentert en del samfunnsmessige konsekvenser av emnet.

Ut over disse sesjonene skal vi få høre siste nytt innenfor elementærpartikkelfysikken. Vi har fått professor *M. Jacob* fra CERN til å gi en oversikt over Kvark-Gluon Plasma. Dette års begivenhet innen Super-Novaer vil bli behørig markert og presentert av *Olav Kjeldseth-Moe* fra Astrofysisk Institutt, UIO. Ellers har *Gordon Baym*, kjent fysiker fra USA, lovet å komme. Emnet hans er ikke fastlagt. Men de som hørte han i Trondheim i 1986, vil huske ham som en meget god og inspirerende foreleser.

Vi har videre planlagt en ekskursjon til Kjellerområdet på tirsdag etter lunch. Den skal omfatte en sesjon hvor flere av Kjeller-institusjonene presenterer sine prosjekter og faglige problemstillinger. Det omfatter IFE, FFI, Televerkets Forskningsinstitutt og NORSAT.

Norsk Datas prisutdeling med tilhørende prisforedrag blir et godt innslag i programmet. Denne gangen skal prisen utdeles i kjernefysikk. I tillegg får vi en presentasjon av norsk kjernefysikk ved vår nasjonale kjernefysikk-gruppe.

I skrivende øyeblikk har programmet ennå hvite flekker, og vi mangler viktige felter innen fysikken som vi ønsker å få med. Vår hensikt er å gi et aktuelt bilde av den moderne fysikk. Det mål arbeider komiteen mot, og vi håper det skal lykkes.

Til slutt vil vi nevne at alle deltakere med følge er invitert til festmiddag. Denne gangen har vi funnet frem til en gammel herregård Nordre Skøyen Hovedgård som ramme om festen. Vi håper det blir en hyggelig begivenhet for alle.

Vel møtt til Fysikermøtet 1988 på Blindern i Oslo.

Arrangementskomitéen

∞

Nye medlemmer

På styremøtet 5. oktober 1987 ble følgende nye medlemmer tatt opp:

Cand.real. Karin Berentsen
STATOIL
Postboks 300
4001 Stavanger

Dr. philos. Tom Arild Fearnley
Fysisk Institutt
Universitetet i Oslo
Boks 1048, Blindern
0316 OSLO 3

Dr. George W. Halsey
Senter for bore og brønnteknologi
Rogalandsforskning
Ullandhaug
4001 Stavanger

Student Randi Toreskås Holta
Fysisk Institutt
UNIT/AVH
7055 Dragvoll

Cand. scient. Egil Holvik
Fysisk Institutt
UNIT/AVH
7055 Dragvoll

Cand. scient. Espen Fredrik Johansen
Leil. 554
Pilestredet 36
0166 OSLO 1

Cand. real. Håvard Jøranson
STATOIL
Postboks 300
4001 Stavanger

Avd. sjef Einar Oterholm
KPT Naturfag
Postboks 750
6501 Kristiansund N

∞

Studer FYSIKK

KURSINFORMASJON

Nordiska Forkarkurser:

INTRODUKSJON TIL PROGRAMMERING PÅ PARALLELLE DATAMASKINER

Dette kurset tar sikte på å lære studentene hvordan de skal bruke en Intel Hypercube med 32 prosessorer og en Alliant FX/8 med 6 prosessorer.

Kurset inkluderer en introduksjon til Unix, som er operativsystemet for begge maskinene.

Emneområdene som angår Hypercuben vil inkludere: Bruk av det parallelle subrutine biblioteket og bruken av et vitenskapelig bibliotek. Dette inkluderer bruk av vektor maskinvare og vektor bibliotek.

Kurset vil også dekke programmering på Alliant.

Foreleserne vil behandle avanserte matematiske metoder for å løse omfattende vitenskaplige problemer. Studentene vil utføre praktiske øvelser gitt av instruktørene, men de vil også få anledning til å gå gjennom egne program.

Kurset er beregnet for personer som kjenner vitenskapelig-matematisk programmering, forskere og post-hovedfag studenter. Kunnskap i programmeringsspråket Fortran er en forutsetning.

Kurset vil bli holdt i Bergen, på Chr. Michelsens Institutt og Universitetet i Bergen. Blant instruktørene har vi (i alfabetisk rekkefølge): Dr. Clifford Addison, CMI; Dr. Petter Bjørstad, Univ. i Bergen; Dr. John Gilbert, Cornell University og CMI; Dr. Sven Mattisson, Univ. i Lund; Dr. Johnny Petersen, Bergen Scientific Centre IBM; og Dr. Stig Skelboe, Univ. i København.

Tidspunkt: Mandag 21 Mars - Mandag 28 Mars 1988

Påmeldingsfrist: 15 Januar 1988.

Kost, losji, reise og kursavgifter dekkes av Nordiska Forskarkurser.

For mer informasjon og påmeldingskjema kontakt:

Johnny Petersen
Bergen Scientific Center IBM
Allegt. 36, N-5007 Bergen

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

Formann:
Professor Eivind Osnes,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Vise-formann:
Professor Ove Havnes,
Institutt for matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.

Styremedlemmer:
Førsteamanuensis Torgeir Engeland,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.
Førsteamanuensis Kårmund Myklebost,
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.:(02) 712560
Postgirokonto: 5 88 38 89.
Bankgirokonto: 5102.09.58344.

Fra Fysikkens Verden

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

Redaksjonssekretær:
Amanuensis Tor I. Langeland,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Redaksjonskomité:
Førsteamanuensis Noralv Bjørnå,
Institutt for matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.
Forsker NAVF 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.
Forsker Olav Steinsvoll,
Institutt for energiteknikk, Kjeller.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt,
Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern,
0316 Oslo 3.

Tlf.:(02) 45 64 28

Fra Fysikkens Verden utkommer fire ganger årlig. Abonnement kan tegnes direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 80.-. Studenter og skoleelever kr. 40.-.

Postgirokonto: 5 10 47 24
Bankgirokonto: 6094.05.40227

Robotsats fra Otto Falch Hurtigtrykk