Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

E. A. Hylleraas, in memoriam 69

Nobelprisen i fysikk 1965 70

AHA-spalten 71

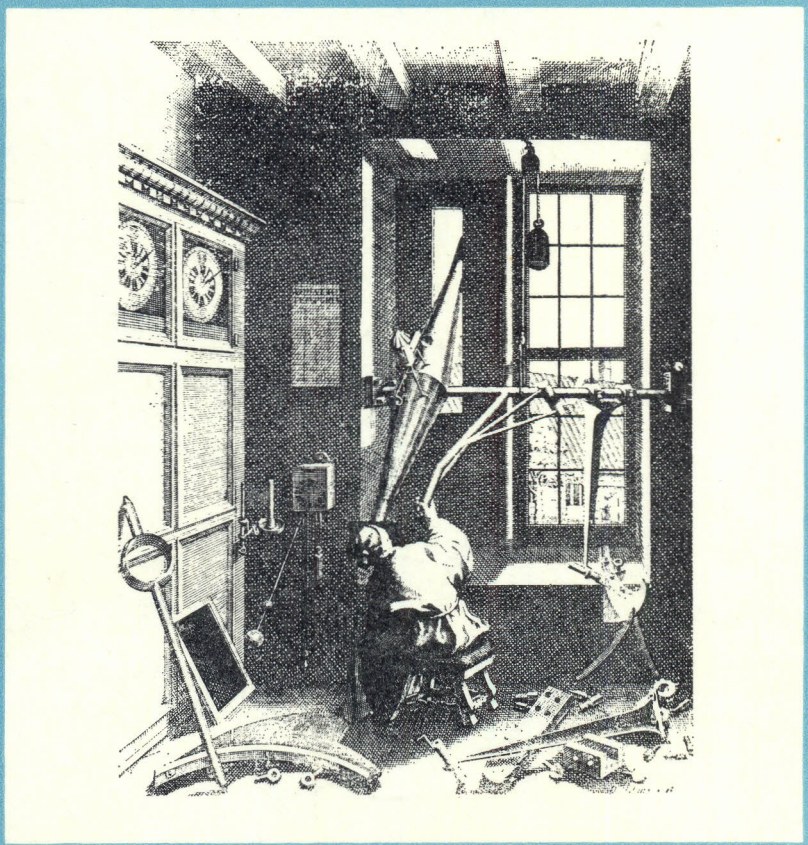
Forskning, universitet, forskningspolitikk 72

Konferanse i medisinsk fysikk 75

Radiostøyen fra Jupiter 77

Niels Bohr 85

Bøker 92



Ole Rømer var den første til å bestemme lyshastigheten (1675) ved å studere Jupiter-månen Io's bevegelser. Io er igjen gjenstand for særlig interesse. *Se side 77.* *(Fra Hoyle: Astronomy).*

Nr. 4 - 1965
27. årgang

Vi er enerepresentant i Norge for disse verdenskjente firmaer:

HEWLETT - PACKARD

leverer måleutstyr fra DC til R-bånd.

RHODE & SCHWARZ

leverer HF-, VHF-kommunikasjonsutstyr samt måleinstrumenter.

TEKTRONIX INC.

leverer oscilloskop og kalibreringsutstyr.

Kontakt oss:

MORGENSTIERNE & CO A/S
INGENIØRFIRMA
WESSELS GT. 6, OSLO. TELEFON 201635
STEDET FOR ELEKTRONISKE INSTRUMENTER OG KOMPONENTER TIL INDUSTRI OG FORSKNING

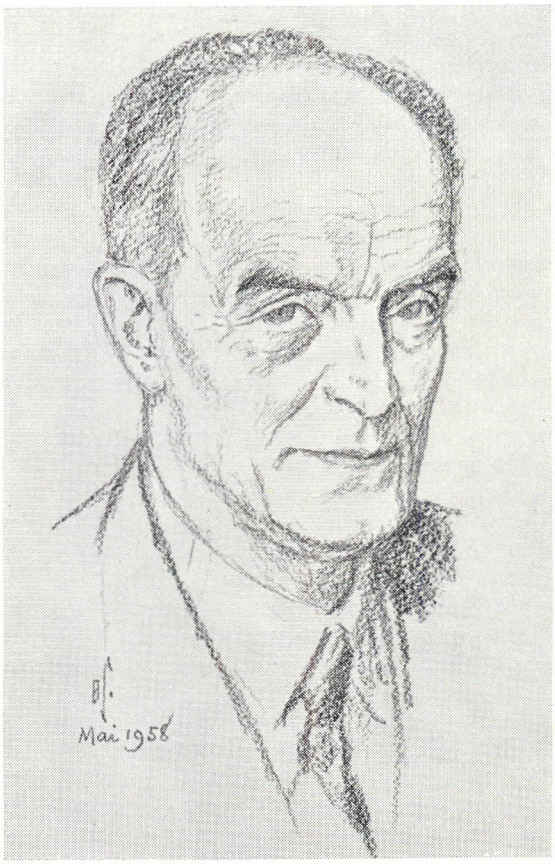
Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Redaktør: HAAKON OLSEN

Nr. 4 - 1965

27. årgang



Egil Andersen Hylleraas

1. 5. 1898 — 28. 10. 1965

En mester innenfor vårt fag — en inderlig avholdt venn, lærer og kollega er gått bort. I dypeste takknemlighet minnes vi hvad han gjorde for Fysiken her hjemme. Vi er stolte over å ha hatt en så stor fysiker iblandt oss.

Men det er mere i Livet enn Videnskapen og Egil Hylleraas hadde også det som er enda mere værdt enn all Verdens berømmelse.

Harald Wergeland

Nobelprisen i fysikk 1965

Nobelkomiteen har besluttet å tildele R. P. Feynman, California Institute of Technology, U.S.A., Julian Schwinger, Harward University, U.S.A. og Sin-itiro Tomonaga, Tokyo University, Japan, Nobelprisen i fysikk for 1965 for deres teoretiske arbeider innenfor kvanteelektrodynamikken.

Kvanteelektrodynamikken er den del av kvantefysikken som befatter seg med vekselvirkningen mellom elektrisk ladede partikler og elektromagnetiske felter. Den innbefatter i dag slike vesens forskjellige fysikalske systemer som for eksempel atomsystemer på den ene side og elementærpartiklers ladningsstruktur på den annen side.

De første teoretiske betraktninger i kvanteelektrodynamikken var bygget på Niels Bohrs korrespondanseprinsipp. Denne halvklassiske teori gjorde det blant annet mulig å beregne atomenes spektrallinjer. Teorien ble ført videre og den kvantemekaniske teori for det elektromagnetiske felt, kvantefeltteorien, ble utarbeidet av Dirac, Jordan, Pauli og Fermi omkring omkring 1930. Det syntes nå som om en hadde den fullstendige teori for å beskrive en hvilken som helst prosess der ladede partikler og elektomagnetiske felter deltar. Og riktig nok, alle de eksperimentelle resultater for prosesser som en til da hadde kunnet måle var helt i overensstemmelse med de resultater en kunne beregne ut fra den nye teorien, kvantefeltteorien, eller kvanteelektrodynamikken som den nå ble kalt.

Imidlertid hadde teorien en feil, som gjorde den helt umulig som akseptabel teori: Det var bare ved de approksimative beregninger at de teoretiske og eksperimentelle resultater stemte overens, og da med et avvik som var mindre enn noen få prosent, i de tilfeller målingene kunne gjøres med så stor nøyaktighet. Prøvde en derimot å gjøre beregningene bedre, altså nærmere den eksakte løsning — skulle en tro — så ble det teoretiske resultat fullstendig meningsløst. Uansett hva man ville beregne, fikk en et svar som var uendelig stort!

Hva kan grunnen være til denne merkelige situasjon? Dette spørsmål opptok mange og og det ble diskutert av en rekke fysikere i årene før krigen. Et av de mest fremtredende bidrag er her kanskje V. Weisskopfs artikkel fra 1939, der han analyserer problemet ut fra klassiske og halvklassiske betraktninger om den elektriske selvenergi. En punktpartikkel har en klassisk elektrostatisk selvenergi som er uendelig stor. Dette resultat, sammen med det faktum at kvantemekanisk kan den elektromagnetiske vekselvirkning mellom to ladede partikler betraktes som en emisjon eller absorbsjon av fotoner, fører til at den klassiske uendelige elektrostatiske selvenergi kan ansees kvantemekanisk å oppstå ved at ladningen emitterer et foton og absorberer samme foton. Dette leder allerede til en forståelse av hvordan de mer nøyaktige beregningsresultater etter teorien blir meningsløse og uendelige. I den lavest mulige approksimasjon for beregning av en prosess tar en hensyn til utveksling av bare ett foton mellom partiklene, resultatet er endelig og i overensstemmelse med eksperimentelle resultater. Ved mer nøyaktige beregninger ville en måtte ta med to og flere fotoner. Men tar en med i beregningene utveksling av to fotoner, vil en derved også inkludere det tilfelle at et av fotonene utveksles mellom partiklene, mens det andre foton blir emittert fra en partikkel og absorbert av samme partikkel. Da er det med en gang klart at beregninger må gi meningsløse, uendelige resultater.

Spørsmålet melder seg nå om det er mulig å isolere disse uendelighetene og om det resultat en får når disse er fjernet har fysikalsk mening.

Her hendte det som forbausende ofte hender i fysikken, at samme oppdagelse blir gjort av forskjellige forskere uavhengig av hverandre. Tomonaga i Japan og Schwinger i U.S.A. arbeidet med dette problem under krigen og påviste at avspaltingen av de uendelige bidrag i beregningene er mulig på en slik måte at resultatet ikke avhenger av observasjonssystemet og at det tiloversblevne bidrag i resultatet er endelig og har fysikalsk mening. Tomonaga og Schwingers resultater ble publisert etter krigen, men ennå var en ikke kommet så langt at teoriene kunne prøves eksperimentelt.

Det var ennå en fysiker som uavhengig av Tomonaga og Schwinger hadde studert det samme problem, denne gangen fra et eksperimentelt synspunkt. Willis Lamb gjorde i 1947 sammen med R. C. Retherford en måling av avstanden mellom to bestemte nivåer i hydrogenatomet, en avstand som skulle være lik null etter den approksimative teori med emisjon av et foton. Lamb og Retherford fant en endelig avstand mellom disse nivåer, den

senere så berømte Lamb-forskyvning. Denne oppdagelse førte til at Lamb ble tildelt Nobelprisen i fysikk i 1955.

Hans Bethe påviste like etter at Lamb hadde publisert sitt resultat at Lamb-forskyvningen kan forklares som en effekt av en mer eksakt beregning av energinivåene i hydrogenatomet. Bethe trakk fra det uendelige bidrag som kommer fra selvenergien og fikk på denne måte et endelig resultat for avstanden mellom de to energinivåer, et resultat som til og med lå svært nært Lambs målte verdi.

Hermed var det påvist at teorien også for de tilfeller der flere fotoner deltar gir meningsfulle resultater som kan ventes å være i overensstemmelse med eksperimentelle resultater.

Schwinger, og uavhengig av han, Feynman hadde i mellomtiden utviklet matematiske metoder for korrekt beregning av disse effekter som har sitt utspring i at flere fotoner deltar i prosessen. Her er det særlig Feynmans metoder som har fått betydning for den videre utvikling. Feynmans såkalte diagramteknikk gir meget enkle og gjennomskuelige betraktningsmåter som ligger nært opp til de fysikalske forhold i de kvanteelektrodynamiske prosesser.

Kvanteelektrodynamikken var blitt meningsfull ikke bare i approksimative beregninger. Den hindring som gjorde at kvanteelektrodynamikken ikke kunne betraktes som en akseptabel teori, de meningsløse resultater i mer eksakte beregninger, var fjernet. Kvantefeltteorien og kvanteelektrodynamikken var påvist å være den korrekte teori for vekselvirkningen mellom fotoner og ladede partikler. Overensstemmelsen mellom teori og eksperiment er blitt prøvet igjen og igjen, alltid med det resultat at den kvanteelektrodynamiske teori gjengir fullstendig de fysikalske forhold i de eksperimentelle resultater.

De tre Nobelprisvinneres innsats er intet mindre enn å bevise riktigheten av kvantefeltteorien som fysikalsk teori. Derved er vegen åpnet for anvendelse av denne teori også for andre vekselvirkninger, og da er det særlig de sterke vekselvirkninger interessen samler seg om. Her har kvantefeltteorien bare hatt moderat framgang, og det bør understrekes at det er bare gjennom den suksess man har opplevet i kvanteelektrodynamikken at man setter sin lit til kvantefeltteorien som akseptabel fysikalsk teori for de sterke vekselvirkninger.

Selv om teoriens største betydning altså ligger på det generelle plan, og de best kjente konsekvenser av teorien for eksperimentelle undersøkelser beløper seg til små forandringer i måleresultatene, som for eksempel i Lamb-forskyvningen, må dette ikke forståes derhen at teorien er uten såkalt «praktisk betydning».

Her er det nærliggende å trekke fram som et eksempel sprednings- og produksjonsprosesser i strålingsteorien. La oss kort diskutere spredning av elektroner mot atomkjerner. Siden fotonet er uten masse, er der ingen terskel for produksjon av fotoner i en slik spredningsprosess. Dette betyr at elektronet alltid vil stråle når det undergår en spredning; den fullkomne elastiske spredning eksisterer ikke. Utstrålingen under kollisjonen har en radikal innvirkning på spredningen: spredningstverrsnittet forsvinner når spredningen er elastisk. Men dersom vi beregner dette tverrsnitt, som simpelthen er bremsestrålingstverrsnittet, finner vi at tverrsnittet i stedet for å være lik null er uendelig stort! Det er først når vi tar hensyn til den eksakte kvanteelektrodynamiske teori at vi finner det meningsfulle, endelige resultat. Uten den eksakte kvanteelektrodynamiske teori ville det ikke være mulig å interpretere et spredningseksperiment. I praksis er det slik at den eksakte kvanteelektrodynamiske teori er av største betydning særlig for spredning av høyenergetiske elektroner til store vinkler, og av større betydning jo mer nøyaktig energien av det spredte elektron bestemmes.

Haakon Olsen.

---

*VHV-spalten

På sin ferd i verdensrommet møter romskipet Geminostok en USO (Unidentified Space Object), som senere viser seg å være romsonden Ednos, utsendt fra planeten Tsniksisyf. På denne planeten er som kjent alt bakvendt, og romsonden består derfor av antimaterie.

Vi tenker oss at de eneste krefter som virker er gravitasjonskreftene mellom Geminostok og Ednos, og at disse i et gitt øyeblikk er i ro i forhold til hverandre. Hvordan vil situasjonen utvikle seg?

Forskning, universitet og forskningspolitikk

Bertel Grimeland

Dr. Bertel Grimeland ved Universitetet i Oslo har nylig i en kronikk i Arbeiderbladet behandlet et meget viktig og aktuelt emne, universiteters og høgskolers organisasjon av forskningen. Vi tror at en bred diskusjon om dette emne, både når det gjelder spørsmål om indre organisasjon, som forfatteren diskuterer, og når det gjelder planlegning og tilrettelegning av forskningsområder, vil være av største interesse særlig for våre aktive forskere. Vi har bedt dr. Grimeland om å utdype sine synspunkter på disse spørsmål.

Forskning er blitt et moteord i våre dager. Et slags sesam-sesam som man tror skal åpne døren inn til nye skattkammere. Men forskning er jo i seg selv et gammelt begrep. Tar man med den anvendte forskning – og det bør man gjøre – er det vel like gammelt som menneskeheten selv. Så gammelt er ikke noe universitet, men de eldste har en anselig alder bak seg, og selv Universitetet i Oslo er jo nå blitt over 150 år gammelt. Universitetet er også blitt et moteord i vår tid. Skal man drive forskning må det jo utdannes forskere og lærere, og så blir universitetsutbyggingen et viktig punkt til og med i den politiske valgkamp. Dermed kommer vi over til det tredje ordet i overskriften, forskningspolitikk. Dette er et nytt begrep, dannet etter siste verdenskrig. Det er oppstått fordi samfunnet idag anvender en så stor del av sitt overskudd til forskning at det er blitt nødvendig med planlegning av, og også en viss målsetning for denne. Selv for den anvendte forskning er det vanskelig å formulere målsetningen på en tilfredsstillende måte, og for den rene forskning er det vel i grunnen umulig. Helst burde det unngås, og tidligere kunne man også unngå det, men det lar seg neppe gjøre idag.

Forholdet er jo det at i «de gode gamle dager» var det billig å drive forskning. Det var aldri snakk om store investeringer fra samfunnets side, men bare om mindre beløp som betød lite i den større sammenheng. Ren forskning ble vel nærmest sett på som luksus, og ingen ventet at pengene skulle kaste noe av seg. Men derfor var det heller ikke tale om for samfunnet som sådant å bestemme hva pengene skulle gå til. Det var det overlatt helt til vitenskapsmennene selv å finne ut, og forskningen var fri innenfor den ramme som bevilgningene satte.

Idag er forskning blitt en kostbar fornøyelse, i et hvert fall visse deler av den. Særlig kostbare grener er som kjent romforskningen, kjernefysikken og dens avlegger elementærpartikkelfysikken. Disse vil ikke kunne overleve i et samfunn om ikke samfunnet selv, representert ved sine ledende politikere er villig til å yte de ekstra bevilgninger som kreves. Men politikere er stort sett ikke fagfolk på disse områder, og de kan ikke avgjøre disse ting alene. De må ha råd fra forskerne og de må diskutere problemene med dem. Derfor er et nært samarbeid mellom politikere og forskere en nødvendig forutsetning for at det skal kunne drives en fornuftig forskningspolitikk. I et land som U. S. A. synes det som om et slikt samarbeid er etablert. I et hvert fall leser en ofte i «Nucleonics» om hvorledes fremtredende vitenskapsmenn «forhøres» av medlemmer av en kongresskomité når et nytt, større forskningsprosjekt er under planlegging. Om forholdene i andre land vet jeg lite, men her i landet er kontakten mellom forskere og politikere stort sett dårlig. Visse unntak finnes, og en mann som tidlig forstod nødvendigheten av å samarbeide med politikerne er Gunnar Randers. Jeg tror det ville være klokt å følge hans eksempel nettopp her, uansett hva man ellers måtte mene om atomenergiforskningen og dens berettigelse i Norge.

Men det er ikke nok med samarbeid mellom

politikere og forskere, det kreves også et langt bedre samarbeid mellom de forskjellige grupper av forskere innbyrdes enn det man har idag. For bare å ta en enkelt disiplin innen forskningen som fysikken, så er jo denne nå delt opp i en rekke områder som tildels står temmelig fjernt fra hverandre. Om da den enkelte fysiker synes at nettopp hans område er det mest interessante, så er dette bare naturlig, men når mange går videre og mener å kunne slå fast som en objektiv sannhet at deres område er det mest betydningsfulle, og at det derfor har særskildt krav på støtte, da er det fare på ferde. For hvis forskjellige grupper av fysikere alle fremmer forslag overfor myndighetene, og alle hevder at nettopp deres del av fysikken er den viktigste, så vil myndighetene lett kunne dra den slutning at ingen ting i virkeligheten kan være noe særlig betydningsfullt og så sløyfer de alle bevilgninger. Det riktige må være at fysikerne først seg imellom diskuterer de forskjellige prosjekter og selv setter opp en prioritetsliste hvis dette er nødvendig. De burde ha betydelig større forutsetninger for å kunne gjøre det enn politikere som knapt nok vet forskjell på atomenergi og elementærpartikkelfysikk.

Forutsetningen for at en slik diskusjon skal føre til noe resultat er selvfølgelig den at også fysikere er i besiddelse av egenskaper som toleranse og evne til å forstå andres synsmåter. Videre vil det kreves villighet til å bøye seg for et flertalls ønsker, selvom det skulle gå ens egen oppfatning imot. (På den annen side bør mindretallet kunne vente seg støtte i neste omgang – for å få fremmet sine prosjekter). Jeg kan ikke forstå annet enn at prosjekter som har gått gjennom en slik behandling, og virkelig har fått bred støtte av fagfolk vil ha betydelig større muligheter for å vinne støtte hos myndighetene enn prosjekter som er fremmet av enkelte grupper og kanskje i konkurranse med andre.

En ting er i alle fall sikkert. Søker man om millionbeløp til et bestemt prosjekt, så kan ikke søknaden begrunnes bare med en henvisning til de forskningsoppgaver man vil løse. Selvsagt må det pekes på at slike oppgaver foreligger, men man kan ikke vente at statsråder og stortingsmenn skal finne disse oppgaver så interessante i seg selv at de bare av den grunn går med på å bevilge pengene. Saken må sees i en større sammenheng og her kommer nødvendigvis spørsmålet om samfunnets målsetning med den rene forskning inn. Denne målsetning må utformes av politikere og forskere i fellesskap, men forut for dette bør etter min mening gå en bred diskusjon forskerne imellom. Som et utgangspunkt for en slik diskusjon kunne jeg tenke meg å sette opp følgende utsagn:

> «Prinsipielt bør ren forskning også være fri forskning. Fri på den måten at forskerne uten økonomiske (eller andre) hensyn kan ta opp til behandling de problemer som de finner å være av størst interesse. For at den rene forskning her i landet i størst mulig utstrekning skal bevare sin karakter av å være fri i denne forstand, bør såvidt mulig alle internasjonalt sett viktige forskningsområder være representert i Norge.»

Det følger av dette at de kostbare forskningsgrener må få større bevilgninger enn de mindre kostbare – uten hensyn til hvor mange mennesker de beskjeftiger. Noen mener vel at dette er galt, og at vi i et lite land som Norge med det begrensede ressurser må sette inn midlene der hvor de vil kaste mest av seg, altså i de relativt billige forskningsgrener. Det er klart at også dette syn har noe for seg, og kanskje er det som vil vinne frem. Personlig tror jeg imidlertid at det vil føre til en farlig ensidighet i vårt forskningsmiljø og at det derfor er et galt utgangspunkt.

Så meget om forskningspolitikken i seg selv. Men hvem skal så være med på å forme ut denne politikken? Når det gjelder valg av politiker er saken grei. Vi har alle stemmerett og kan bruke den ved stortingsvalg hvis vi vil. Noen videre mulighet til å influere på valget av politiere har vel bare de som selv deltar aktivt i det politiske liv. Når det gjelder valg

av forskere er situasjonen mere komplisert fordi der jo ikke foregår noe direkte valg og alle forskere i dette land kan ikke godt være med på å diskutere med politikerne. Men jeg tror nok at om disse spørsmål først ble tatt opp til diskusjon i forskningsgruppene og etterhvert også i større forsamlinger, så ville man nokså snart finne ut hvem som best kunne representere de forskjellige områder ved diskusjonsbordet. Men så kommer spørsmålet: «Har de som blir plukket ut den rette status?», eller sagt på en annen måte: «Er de embetsmenn?»

Forholdet er jo det at ren forskning i Norge drives nesten bare ved våre universiteter og høyskoler. Og disse institusjoner styres nå som før av embetsmenn, det vil si av professorer og dosenter. Det er nesten bare disse som sitter i de forsamlinger der alle avgjørelser treffes, og det er bare disse som kan stå som ansvarlige for forskning og undervisning. Systemet forutsetter utvilsomt at professorer og dosenter skal lede forskning og undervisning reelt og ikke bare formelt. Går vi ca ti år tilbake i tiden gjorde de vel også det i ganske stor utstrekning. For den gang var det ved Universitetet i Oslo ansatt dobbelt så mange embetsmenn som vitenskapelige tjenestemenn i fast stilling og dette gjaldt også for alle fakultet enkeltvis. Idag er situasjonen en helt annen. Ved det matematisknaturvitenskapelige fakultet er det idag ansatt over dobbelt så mange vitenskapelige tjenestemenn i fast stilling som embetsmenn, hvilket vil si at gruppen vitenskapelige tjenestemenn i fast stilling er blitt mer enn firedoblet i forhold til gruppen embetsmenn i løpet av ti år. Ved det historisk-filosofiske – og det samfunnsvitenskapelige fakultet har økningen av vitenskapelige tjenestemenn vært nesten like stor, mens den har vært betydelig mindre ved de øvrige fakultet. For Oslo Universitet som helhet er det idag ansatt ca 1,4 ganger så mange vitenskapelige tjenestemenn i fast stilling som embetsmenn. Den første gruppe er altså blitt nesten tredoblet i forhold til den siste. Likevel er det stadig embetsmennene som sitter med all makt og myndighet, og det er fremdeles bare dem som kan være ansvarlig for forskning og undervisning. Men de leder ikke forskningsarbeidet lenger, i et hvert fall ikke alene. Mange vitenskapelige tjenestemenn er jo mennesker med lang erfaring i forskningsarbeid. De virker som ledere for yngre mennesker – hovedfagsstudenter og vitenskapelige assistenter – men de blir ikke selv ledet og de trenger ikke å bli det heller. Hvis det er flere slike folk i samme gruppe vil det selvfølgelig være et visst samarbeid mellom dem, men de arbeider ved siden av hverandre og på like fot. Imidlertid må jo en gruppe ha en administrativ leder og dette må nødvendigvis være en professor eller en dosent for systemet forlanger embetsmenn til den slags virksomhet. Om gruppen selv anser seg best tjent med nettopp denne person som administrativ leder spiller ingen rolle, for der foreligger ingen valgmulighet. Og slik vil det også være når det gjelder å plukke ut dem som skal diskutere forskningspolitikk med politikerne. Under det nåværende system vil det aldri komme på tale å ta andre enn embetsmenn, for bare disse har den nødvendige autoritet til å kunne representere Universitetet.

Derved utelukkes en stor del av de aktive forskere, og man kan vel ikke se helt bort fra den mulighet at enkelte av disse faktisk kunne ha gitt vesentlige bidrag i diskusjonen. Særlig uheldig synes det å være at så mange yngre, men likevel erfarne forskere blir satt utenfor. Det er vel kanskje nettopp disse som er best orientert om tidens aktuelle forskningsoppgaver, og de bør absolutt være med på utformingen av vår forskningspolitikk for å hindre at den blir for sterkt preget av gammel tenkning.

Allerede de forhold som her er nevnt burde tilsi at man tok opp til alvorlig diskusjon spørsmålet om en endring av universitetets organisasjon eller stillingsstruktur. Og der er en mengde andre grunner som taler i samme retning. Jeg har tidligere behandlet disse spørsmål i en artikkel med tittel «Hvem skal styre

universitetet?» Artikkelen ble først sendt «Universitas» men avvist der på grunn av plassmangel. Senere ble den trykt på kronikkplass i Arbeiderbladet den 1. september iår. Jeg foreslo i denne artikkel at man skulle innføre et system som var slik at alt vitenskapelig personale i fast stilling skulle være likestillet. Det vil si de skulle ha samme stemmerett, samme valgbarhet og samme tittel. Ved siden av måtte man så ha en rekke tidsbegrensete stillinger, mange fler enn idag. Dette forslag betyr altså *ikke* at man vil søke å etablere en ordning som den man ville få om idag alle vitenskapelige tjenestemenn i fast stilling ble gjort til professorer. Det ville oppstå overgangsvansker, det er klart, men disse måtte kunne overvinnes.

Det er blitt sagt om dette forslag at det er revolusjonerende, og at det aldri vil kunne gå gjennom. Til det vil jeg svare at om noe er revolusjonerende i denne forbindelse så er det det som allerede har skjedd ved Universitetet i løpet av de siste ti år. I et gammelt, og forsåvidt vel gjennomprøvet system har man plutselig ført inn en ny og tallmessig sett meget sterk gruppe av personer. Dette har sprengt systemet fullstendig, og det er ikke noe rart om det ikke virker tilfredsstillende lenger, for det var aldri ment å skulle arbeide under de forhold en har fått nå. Mitt forslag tar nettopp sikte på såvidt mulig å gjenopprette forholdene slik de var før, den gang professorene var den også tallmessig sett dominerende gruppe ved Universitetet. Forsåvidt kunne man si at forslaget tar sikte på å gjennomføre en kontrarevolusjon, og at det derfor heller er reaksjonært enn revolusjonerende.

Med dette får det nå være som det være vil. Hovedsaken, slik jeg ser det, er jo nå å få gjort det begripelig for flest mulig personer at den forandring som har foregått ved Universitetet i løpet av de siste ti år har sine meget uheldige sider, og at det derfor er på høy tid å ta opp til alvorlig diskusjon de problemer som reiser seg i denne forbindelse. Jeg er derfor redaktøren takknemmelig for at han ikke bare har gitt spalteplass for denne artikkel, men til og med bedt meg om å skrive om disse ting i sitt blad.

Den første internasjonale konferanse i medisinsk fysikk

Svein Åtland

I dagene 8.–10. september 1965 var forskere fra 28 land samlet i Harrogate i England til den første internasjonale konferanse med emner fra medisinsk fysikk. Godt og vel 400 deltakere var anmeldt. President under konferansen var professor W. Mayneord og æresgjest var Sir John Cockeroft.

En slik konferanse var en naturlig konsekvens av den retning utviklingen har tatt de siste årene såvel i medisin som i fysikk.

Viktige felter innen medisinsk forskning og terapi krever avansert fysisk apparatur og fordrer tildels sterkt fysisk pregede tenkemåter. Dette gjorde seg kanskje først sterkt gjeldende innen radiologien, og man har da også allerede i en del år hatt store internasjonale kongresser innen stråleforskning og radiologi.

Videre har utviklingen innen nevrologi ført til at den moderne elektronikks hjelpemidler er tatt i bruk både til forsknings- og diagnoseformål, for å nevne et annet stort område innen medisinsk fysikk. Imidlertid var dette den første generelle konferanse, og det ble da også uttalt stor tilfredshet over at man nå var kommet til den milepel at det var opprettet en kontakt på bred basis mellom fysikere og medisinere til gjensidig inspirasjon.

Et aspekt som nærmest selvsagt nå er i ferd med å tvinge seg inn på den medisinske arena og som det var stor interesse for, er elektronisk databehandling. På et stort hospital er akkumulering av data i en anvendelig form etter

hvert blitt et alvorlig problem, simpelthen fordi det ved klassisk arkivering snart blir et uoverkommelig arbeid. Man planlegger nå å finne frem til et system hvor man har et stort elektronisk magasin hvor alle klinikker sender sine «sykejournaler» for eksempel pr. fjernskriver. I det enkelte tilfelle vil man så fra dette felles magasin på et øyeblikk kunne hente frem den informasjon man trenger, eventuelt i bearbeidet form ved hjelp av et regneprogram på en elektronisk regnemaskin i forbindelse med magasinet.

Selv om det kan synes som om fysikken i medisinen i det vesentlige er elektronikk, særlig når man tenker på alt det vanlige deteksjonsutstyret, så har ennå ikke mekanikken utspilt sin rolle. Det set ut til at det i disse dager begynner å åpne seg helt nye muligheter for funksjonelt handikappede med de såkalte aktive proteser. Flere grupper arbeider med dette, mest imponerende er kanskje resultatene til professor Vitali i London. I motsetning til tidligere passive proteser, forsøker man nå å erstatte manglende lemmer med kunstige organer som i seg selv inneholder en energikilde (gjerne flytende CO_2) og arbeidsoperasjonene kontrolleres ved små bevegelser med andre kroppsdeler som pasienten måtte ha intakte. Et problem man snart støtte på var at man trengte en funksjonsanalyse av hva et normalt organ utfører, man måtte med andre ord velge et hensiktsmessig parametersystem og beskrive de normale bevegelser i disse koordinater. Selv om man innen dette feltet med aktive proteser bare såvidt har begynt utviklingen, er det likevel mektig imponerende å se hvilke resultater som allerede er oppnådd.

En gruppe foredrag omhandlet solid state dosimetri, deriblant en del arbeider med termoluminescensdosimetri. Ved å velge hensiktsmessige materialer og metoder kan man nå lagre bestrålte prøver og måle stråledoser med stor nøyaktighet opp til flere uker etter bestrålingen. Foruten det problem å måle stråledoser i et bestemt tverrsnitt, har man i terapien stadig det problem å måle dosefordelingen innover dybden i et fantom. En elegant metode som ble skissert, var å lage fantomer inneholdende en spesiell fotografisk emulsjon. Etter bestrålingen kan svertingen i snitt av fantomet måles ved hjelp av mikrodensitometri.

De fysiologer som arbeider med kunstige kretsløp, har lenge savnet en egnet pumpe for fysiologiske væsker. Et gammelt prinsipp har nå funnet en ny anvendelse ved at man nå har konstruert pumper som arbeider ved help av elektromagnetiske felt. De har ingen bevegelige deler og er i stand til å pumpe både fysiologisk saltvann og blod. Ved passende modulering av elektrisk og magnetisk felt kan man oppnå såvel stasjonær som pulserende væskestrøm.

Blant de mange objekter fra fingertippdosimeter til en komplett neutrongenerator, skal for korthets skyld bare nevnes utstyr som nå etter hvert vinner innpass på hospitalene, det såkalte «physiological monitoring system». I et sentralbord med en flerkanals (gjerne 8) registreringsenhet har man innpluggsenheter til flere (opptil 10 er vanlig) pasienter for kontinuerlig registrering av elektrokardiogram, encefalogram, systolisk/diastolisk blodtrykk, hjertefrekvens, respirasjonsgassanalyse, temperatur osv. Målingene blir gjerne automatisk presentert i form av kurver på et spesielt kartotekkort samtidig med at dataene blir arkivert i form av hulltape e. l.

Systemet er til svært lite besvær for pasienten, er lett å betjene av en ikke-fysiker og er særlig rasjonelt for å kunne overkomme arbeidet med de pasienter som trenger spesiell observasjon. Man kan kanskje gjøre seg refleksjoner over om en pasient i fremtiden vil være redusert til et fysisk objekt. En slik utvikling er det neppe noen som ønsker, og den er vel heller ikke særlig sannsynlig. Tvertimot synes både fysikere og medisinere nå å være mer oppmerksomme på anvendelsesgrensene for både fysisk diagnose og terapi enn for et par decennier siden.

Radiostøyen fra Jupiter

Halvard Torgersen

Planeten Jupiter har helt fra førhistorisk tid vært gjenstand for menneskenes særlige interesse og nysgjerrighet. Den rangerer som et av de mest lyssterke legemer på firmamentet og har derfor vært et lett synlig objekt for observasjoner. Etter hvert som astronomens hjelpemidler ble mer utviklet, har han også funnet stedig flere interessante forhold og egenskaper hos planeten. Det var Galilei's oppdagelse (1610) av de første fire av dens mange måner som for alvor ga dødsstøtet til den gamle tro at jorden var universets sentrum. Senere ble rotasjonen av den innerste av disse månene rundt planeten brukt av Ole Rømer (1675) til å bestemme lysets hastighet. I vår moderne tid har interessen snarere økt enn avtatt, for det dukker opp nye problemer og teorier med korte mellomrom, med behov for flere og nøyaktigere observasjoner, og det er en del av disse vi skal se nærmere på her.

Generelle data.

Det kan være nyttig først å oppsummere en del av de generelle data for Jupiter. Den er den største av planetene, med *masse* 2,5 ganger så stor som de andre sammenlagt, eller 318 ganger Jordens; men *tettheten* er bare 1,34 i forhold til vann, som er den samme som Solens, men bare 0,24 av Jordens tetthet. Midlere *baneradius* er ca 780 mil. km med *omløpstid* ca 12 år. Dens *diameter* ved ekvator er ca 138 000 km. Med den korte rotasjonstid på ca 9h 55m er planeten meget «flattrykt» og derfor diameteren mellom polene tilsvarende kortere (forholdstall 14:15). *Volumet* er ca 1300 ganger Jordens. Av dens 12 hittil kjente drabanter, er fire (de Galileiske) såpass store at de kan ses med vanlig kikkert, mens de øvrige bare ses med de aller største teleskoper. De roterer samme vei som vår måne, bortsett fra nr. 8, 9, 11 og 12 som går motsatt vei. Overflaten er helt dekket av et tett skylag hvis konsistens det er noe uenighet om, men siden *temperaturen* antas å ligge rundt 150°K, har man grunn til å tro at det er stort innhold av hydrogen, metan og ammoniakk.

Sonene og Den røde flekk.

Skylaget er tydelig inndelt i «belter» parallelt med ekvator. De kommer og forsvinner igjen, og vandrer dessuten i nord-syd retningen. De har varierende rotasjonstid, fra 9h 50m 13s ved ekvator, og mer enn 5 minutter lengre mot polene. I «stratosfæren» har man kunnet fastslå [1] at det hersker østgående vinder med hastigheter omkring 2 km/sek. Med henblikk på posisjonsangivelser o. l. har man laget et system med lengde- og breddegrader slik som på Jorden, med lengdegradene basert på den midlere rotasjonstid for det ekvatoriale skylag-beltet (System I).

Med større teleskoper ser man tydelig finstruktur i beltene p. g. a. hvirveldannelser o. l. Videre ser man en stor flekk som merkbart skiller seg ut fra omgivelsene. Den er ikke absolutt stabil, og årsaken til dens eksistens har vært meget diskutert. I 1878 var den ca 43 000 km lang og nær 10 000 km bred, med intens rød farve. Senere er farven bleknet og tildels gått over mot gult, og er nå blekrød. Denne flekken spores tilbake til 1831. En annen, av lignende form og farve, men med forskjellig rotasjonstid, er sett mellom 1664 og 1713 [2]. Den mest alminnelige antagelse er at flekken skyldes en «Taylor-søyle», d. v. s. hvirveldannelser i skylaget p. g. a. en stor forhøyning eller fordypning (meteorkrater har vært nevnt) i planetens overflate [3, 4]. I de senere år har posisjon og utseende vært nokså stabil, men man har kunnet konstatere små variasjoner i rotasjonstiden som er meget vanskelig å gi en god forklaring på. B. M. Peek [5] har undersøkt rotasjonstider i tids-

Siv. ing. Halvard Torgersen er laboratorieingeniør I ved Fysisk Institutt N. T. H.

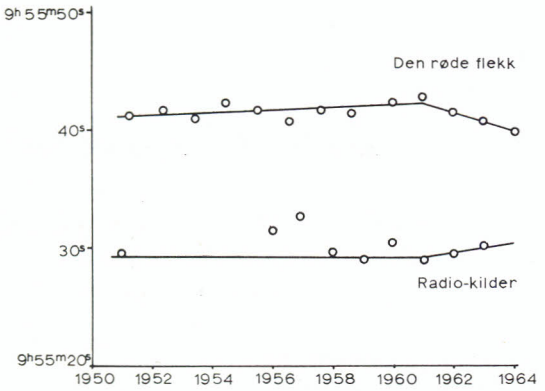


Fig. 1. Forandringen i rotasjonstiden for Den røde flekk og radiostøy-kildene (Etter [4].)

rommet 1891–1958 og funnet en sterk positiv korrelasjon mellom rotasjonstiden for Den røde flekk og den «nordlige ekvatorstrøm». Hvad som enn måtte være årsaken til dette, må denne plutselig ha forandret seg omkring 1930, for deretter var det en markert tendens til negativ korrelasjon.

Figur 1 viser grafisk hvordan rotasjonstiden for flekken og for radiostøy-kildene (som omtales senere) har variert i de senere år. En mulig årsak til variasjonene kan ligge i at planetens indre er såpass flytende (hvilket den lave tetthet 1,34 tyder på) at denne flytende kjerne kan rotere i det ytre fastere skallet. S. K. Runcorn og J. R. Dickel [4] antar at kjernen er metallisk ledende og roterer i forhold til overflaten med hastighet 4000 dager pr. omdreining. Dette vil kunne gi forklaring på tilstedeværelsen av det kraftige magnetfeltet man mener er tilstede (nærmere herom senere). Det oppstår hvirvelstrømmer og dreiemomenter p. g. a. bevegelsen, og de mener at dette kan være årsak til den uregelmessige rotasjonen. Som resultat av nøyaktigere målinger fant man at det første lengdegradsystemet ikke var hensiktsmessig lenger, og man etablerte System II basert på den midlere rotasjonstid for skylaget i den «tempererte» sone.

På grunn av den store gravitasjonskraft som hersker på overflaten (2,5 G) mener man at atmosfæren utgjør et forholdsvis tynnt lag, bare 320 km, og at det kanskje er en nokså diffus, muligens skiktvis overgang mellom skylaget og planetens overflate. Nyere målinger med Mt. Palomars 500 cm reflektor har vist at der hvor en av de fire større måner kaster sin skygge på skylaget, blir det en stigning i temperaturen, som er motsatt av hvad man skulle vente, og at den ytterste av disse fire måner tilsynelatende utstråler dobbelt så meget varme som en tilsvarende drabant normalt skulle gjort [6]. Radarmålinger viser at en flekk på 1700 km eller mer i ekvatorretningen på planeten virker meget sterkere reflekterende enn resten av den, men området kan ikke skilles ut på optisk måte [7].

Den elektromagnetiske strålingen.

Jupiter så vel som de øvrige planeter ble lenge betraktet som relativt uinteressante objekter hvad elektromagnetisk stråling angår. Man ventet seg at det innfallende sollys delvis ble reflektert igjen, og delvis ble absorbert med tilsvarende oppvarming og utstråling i det infrarøde området. Det har imidlertid vist seg at Jupiter står i en særstilling blant planetene også her. Ved siden av har man funnet en selvstendig, kontinuerlig utstråling av radio«støy» som for det meste ligger i bølgelengdeområdet 10–100 cm (desimeter-området), og lignende, mer eller mindre uregelmessig utstråling i området 10–100 m (dekameter-området). Strålingen i disse to områdene er nå under intens utforskning, og vi skal i det følgende se litt nærmere på dens karakter og mulige årsak.

B. F. Burke og K. L. Franklin oppdaget tilfeldig i forbindelse med radiostøymålinger (1955) av «Krabbe-tåken» at forstyrrelser som regelmessig inntraff, ved nærmere undersøkelser viste seg å komme fra Jupiter. De anslo at med den målte intensiteten måtte kilden ha en effekt tilsvarende 10 000 megawatt. Det viste seg at også C. A. Shain i registreringer helt tilbake i 1950 hadde tilsvarende, men dengang ikke identifiserte forstyrrelser. Man arbeidet da på frekvensen 22,2 MHz, eller ca 15 m bølgelengde.

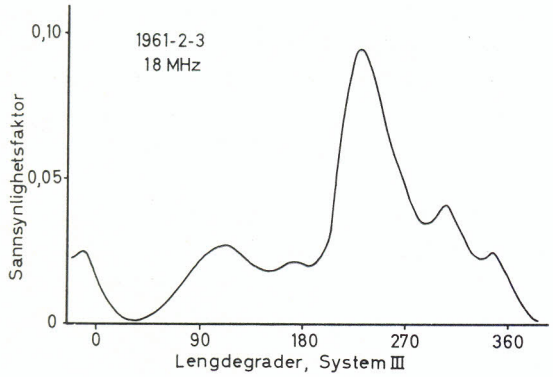


Fig. 2. Sannsynligheten for å motta radiostøy fra Jupiter, basert på observerte tilfeller i tiden 1961–63 på frekvensen 18 MHz (Etter C. H. Barrow).

Shain og senere også andre begynte å foreta analyse av støyen, og fant at det var en utpreget periodisitet i både opptreden og styrke. Perioden falt omtrent sammen med planetens rotasjon, og det var nokså nærliggende å slutte at det var kilder av bestemt utstrekning som signalene kom fra på planetens overflate. Shain fant imidlertid at det dog var en liten drift i kildenes periodisitet sammenlignet med System II. Dette er også blitt bekreftet senere av mange andre forskere. Shain antok derfor at om kildene lå på selve planeten, roterte denne med en hastighet litt forskjellig fra (og større enn) hastigheten for de skylag som ble brukt som referanse. Av denne grunn har man etablert ennå et referansesystem, basert på radiokildenes rotasjonstid, System III (1957.o). Dette systemet roterer med perioden 9h 55m 29,37s og faller sammen med System II kl. 0 GMT 1. jan. 1957 etter definisjonen. Hvis intet annet er sagt, brukes System III i det følgende.

Det observasjonsmateriale man etter hvert innhentet, viser at det ligger en meget fremtredende kilde mellom 200° og 280°, med et par svakere kilder på begge sider. Da intensiteten varierer, har man valgt, slik som figur 2 viser, å føre opp sannsynligheten for å motta signaler som funksjon av lengdegradene etter hvert som de vender mot Jorden. Man har altså på statistisk vis søkt å fastslå kildenes beliggenhet. Men sammenligner man de data som denne figuren er basert på, med data bakover til 1951, vil man finne at enkelte kilder «vandrer», og dette savnes ennå en forklaring på.

På samme måte som for Den røde flekk har man også for radiostøykildenes vedkommende kunnet konstatere variasjoner i rotasjonstiden, men som vist i figur 1, er både rotasjonstidene og variasjonene i dem forskjellige. Dette kan muligens forklares hvis man antar at flekken følger planetens overflate, og støykildene har sammenheng med magnetfeltet eller den indre kjerne og at denne som nevnt tidligere, roterer i forhold til et ytre skall. Både J. N. Douglas [8] og A. G. Smith med medarbeidere [9] har foretatt nøyaktige målinger og har kunnet fastslå forandringene.

Dekameterstrålingens karakter og mulige årsak.

Når man mottar dekameterstrålingen kommer den gjerne støtvis (burts) og gruppevis, og i en høyttaler har den en egenartet variérende sus eller hvisling som kan minne om brenning som slår mot stranden. Varigheten kan være fra noen få støt på noen sekunder og til «stormer» på opp mot en time eller mer, men vanligst er varigheten 5–10 minutter. Når det gjelder frekvensen, er det vanligst å motta signaler omkring 18 MHz, men man har mottatt helt fra 4,8 til 41 MHz. Ved stormer av lengre varighet fås signalene over et bredt frekvensbånd, men om man har flere mottakere innstilt på forskjellige frekvenser innenfor dette båndet, er det ikke sikkert at de alltid mottar støtene samtidig. J. W. Warwick fant på grunnlag av 12 observerte stormer at etter hvert som planeten roterer, vil maksimum av signalstyrken flytte seg mot høyere frekvenser når det er kilden med posisjon 90°–130° man mottar signaler fra, mens den går mot lavere frekvenser når man får dem fra kilden 200°–280°, eller: ved økende mottatt frekvens har hovedmaksimum tendens til å «drive» mot lavere lengdegrader. Nærmere undersøkelser og sammenligning med andre

observerte data viser tendensen ved 230° var bibeholt, mens det var en del variasjoner ved 90°–130° kilden som ikke kunne forklares uten videre.

En undersøkelse gjort av G. R. A. Ellis ved frekvenser ned til 4,8 MHz viser at ved de laveste frekvensene er sannsynlighetsfaktoren for mottaking av signaler nesten uavhengig av lengdegraden. Det synes altså som om kildene blir bredere og flyter sammen når man undersøker ved lavere frekvenser. Intensiteten er størst mellom 130° og 230°, altså mellom de to maksima man finner ved høyere frekvenser.

Ser man på finstrukturen, finner man ved 10–20 MHz at støtene gjerne kommer i grupper fra noen enkelte til noen titalls i hver. Ellis fant at ved 4,8 MHz later det til at de sterkeste støtene er overlagret et nokså konstant svakt bakgrunnsignal og at iallfall noen av støtene kan vare med jevn amplitude opptil noen minutter. Vanligvis varer et støt bare noen tiendels sekund til noen sekunder. Shain fant at varigheten økte når Jupiter var nær Solen sett fra oss, og kunne da bli flere minutter. Han søker å forklare dette bl. a. ut fra en påvirkning av Solens korona, men det trengs mere observasjonsdata her.

Det har vært undersøkt om det finnes korrelasjon mellom sannsynligheten for å motta Jupiter-signaler og solaktiviteten. T. D. Carr og medarbeidere har funnet en ganske tydelig sammenheng her, idet sannsynlighetsfaktoren avtar samtidig som solflekktallet øker og omvendt. Nå har jo solens aktivitet også en innvirkning på geomagnetiske fenomener hos oss, og man søkte å finne en videre sammenheng med Jupitersignalene. Men her er det ikke lykkes å få frem overbevisende data [10]. Det er i enkelte tilfeller funnet en tidsforsinkelse mellom hendelser på Jorden og «stormer» på Jupiter på 8 dager, men i andre tilfeller går «forsinkelsen» motsatt vei, og man må derfor inntil videre se bort fra noen sammenheng her.

Jordens atmosfære vil ofte ha stor innvirkning på de signaler som kommer fra rommet utenfor, og finstrukturen av dem som kommer fra Jupiter kan derfor ofte ventes å være meget anderledes enn slik vi mottar dem. Man har forsøkt på forskjellig vis å registrere signalene på flere steder samtidig og med nøyaktig tidsangivelse [10]. Det viste seg at fra steder med bare 25 km avstand kunne man av og til få ganske store tidsforskjeller, og andre ganger få koinsidens også med støt av bare 1/100 sekund varighet. Noe tilsvarende har man funnet ved så stor avstand som mellom stasjoner i Chile og Florida.

Man har undersøkt polarisasjonen av Jupitersignalene [11, 12, 13] og funnet at den dekameter-strålingen vi her betrakter, er elliptisk eller sirkulært polarisert. Dreieretningen var vesentlig høyredreiende (sett fra Jupiter) når det gjelder signaler fra kilden ved 230°, mens kilder nær 55° og mellom 116°–134° hadde en stor andel venstredreiende. Også meget hurtig skiftende polarisasjon er observert. Videre er funnet at av signaler mellom 22–26 MHz var størsteparten høyredreiende, mens 16–18 MHz viste en stor andel venstredreiende.

Hvordan oppstår så denne dekameterstrålingen? En teori om at signalene skyldes tordenvær av kjempedimensjoner, muligens i forbindelse med vulkansk virksomhet, ved planetens overflate eller oppe i skylaget, har vært nevnt, men er blitt forkastet [3, 6]. Imidlertid har nylig en russisk forsker S. K. Vsekhsviatskii [14] funnet etter analyse av tre års observasjoner at noen mørke bånd i skylaget må skyldes store mengder vulkansk aske. Et bredt mørkt bånd oppsto i august 1961 i det ekvatoriale området, og et lignende har vært observert i 1874–1880. Om det har vært forsøkt å finne noen sammenheng mellom dette og radiostrålingen, vites ikke.

En annen antakelse er at signalene skyldes forhold på Jupiter som kan sammenlignes med dem på Solen, som jo også er kilde til sterke støysignaler. Mange trekk i signalene og den mest plausible teori for hvordan de oppstår på Solen og Jupiter er temmelig like, mens

atmosfæreforholdene naturligvis er meget forskjellige.

De fleste nyere teorier antar at signalene skyldes hurtig ladede partikler (elektroner) eller sjokkbølger vekselvirker med ionosfærelaget. For å kunne forklare den observerte sirkulærpolarisasjon må man anta at planeten har et magnetfelt som virker enten på mekanismen som frembringer strålingen, eller på strålingen idet den utsendes. Jupiter må videre være omgitt av en ionosfære og et Van Allen belte tilsvarende det Jorden har. Disse fenomener har igjen sammenheng med et magnetfelt, slik at tilstedeværelsen av det må anses som sannsynlig, men man har ikke kunnet påvise feltet på annen måte.

J. W. Warwick har fremsatt den teori som synes å ha mest for seg. Han antar at de støtvise signalene kommer av at elektroner avgis fra Van Allen beltet ved magnetiske forstyrrelser. De antas å bevege seg i spiral langs feltlinjene og å gi Cerenkovstråling når de kommer inn i ionosfæren. Strålingen skjer antagelig nær gyrofrekvensen og har retning innover mot planeten. Strålingen reflekteres så enten fra de tettere ionosfærelag eller fra planetens overflate. (Om dette kan ha noen sammenheng med den flekken med ekstra gode refleksjonsforhold som man har funnet ved radarmålinger, vites ikke). Det vil være bare for en bestemt, passende orientering av feltet og planetens overflate at den reflekterte stråling blir mottatt hos oss, og muligens er dette årsaken til den observerte periodisitet.

Warwick mener videre at magnetfeltets akse må stå skjevt og eksentrisk i forhold til planetens rotasjonsakse, fordi en dipol symmetrisk om planetens sentrum ville gitt to like strålingskilder 180° fra hverandre, noe som ikke stemmer med observasjonene. I figur 3 er vist hvordan han tenker seg feltet og beltet plassert. Ved å prøve seg frem med forskjellige størrelser i modellen mener han bl. a. at det sterkeste strålingsbeltet må ligge i en avstand av 2–3 ganger planetens radius fra dipolsenteret. Videre antok han at Cerenkov-

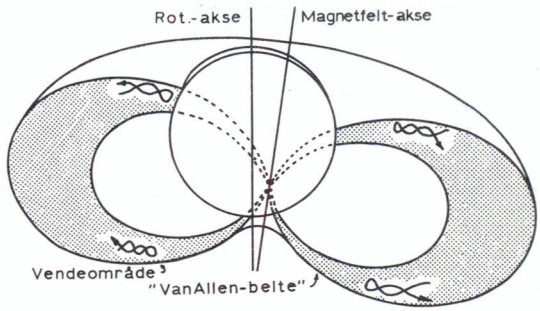


Fig. 3. Warwick's modell av Jupiter, med skråttstillet magnetfelt, Van Allen belte og vendeområde for oscillerende partikler.

strålingens vinkel ikke var større enn $\pm$ 10° fra feltlinjeretningen. I modellen, som her er tenkt snittet i meridianplanet 200°, danner feltets akse en vinkel på 9° med nord-syd aksen. Dipolen må videre tenkes ligge 0,1 planetradius bak papir-planet. Ut fra denne modellen har han kunnet beregne sannsynlig fordeling av kildene både m. h. t. utstrekning i lengdegrader og i frekvensspekteret, og funnet rimelig overensstemmelse med observerte data. Muligens vil et indre belte på ca 1,5 planetradius måtte tas med for å forklare enkelte sekundære forhold. Magnetfeltets retning kan bestemmes ut fra polarisasjonen, og observasjoner viser at det må ha retning motsatt av Jordens felt. Årsaken til den støtvise karakter kan etter Warwicks mening ligge i at partiklene kommer fra Solen i grupper som har virkning som en strøm som svekker magnetfeltet. Når feltet er antatt å være eksentrisk, kan det bli liten avstand mellom et av partiklenes vendingsområder og atmosfæren. Når magnetfeltet svekkes, kommer vendingsområdet og dermed partikler inn i ionosfæren hvor de altså gir sirkulært polarisert Cerenkovstråling. En del av forklaringen på den store energi som signalene har, tror man kan være at på samme måte som ustabile oscillasjoner oppstår når en mer eller mindre kontinuerlig stråle av partikler skyter inn i et plasma, kan man vente ustabilitet i utstrålingen. Den energien som overføres til bølgen kan bli meget større enn den som beregnes ut fra de enkelte partikler.

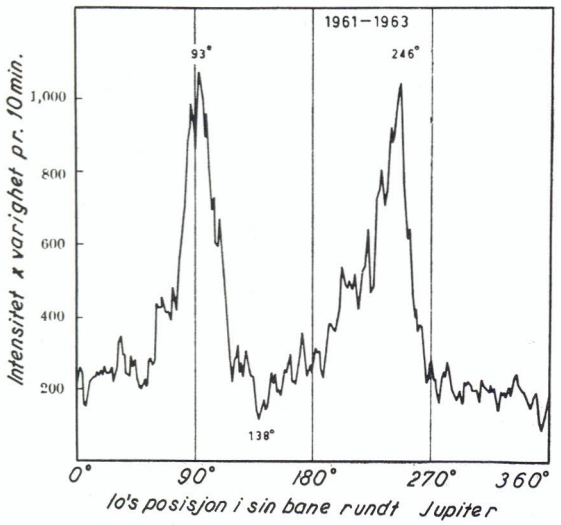


Fig. 4. Observert aktivitet i Jupiters radiostøy sammenholdt med Io's posisjon i sin bane rundt Jupiter. (Etter [15]).

Selv om Warwicks teori antagelig er den som hittil best forklarer de observerte fenomener og data, har den ennå mange svake punkter. I 1964 bragte E. K. Bigg [15] resultater fra analyser han hadde gjort med hensyn på mulig innvirkning fra Jupiters måner på signalenes periode eller intensitet. Siden Jordens måne har en viss liten innvirkning på ionosfæren, mente han det kunne tenkes at Jupiters måne Io som har nesten samme masse og avstand fra planeten som vår, også hadde lignende innvirkning. Av Warwick fikk han låne data fra 1961–63 og ved å sammenholde dem med Io's omløpstid rundt Jupiter, fant han en meget tydelig avhengighet både i periode og intensitet. Figur 4 viser observasjonene vurdert samlet. Som abscisse er avsatt Io's bane, med 0° lagt i fortsettelsen av siktelinjen Jorden-Jupiter på «baksiden» av planeten. Som ordinat er avsatt produktet av hvert utbrudds intensitet (vurdert med vekttall 1, 2, 3) og varighet innen en timinuttersperiode. Som man ser av figuren, vises det tydelige maksima ved 93° og 246° av Io's bane. Han sammenholdt videre Io's omløp med Jupiters rotasjon, og fikk da diagrammet som er vist i fig. 5. Her ses tydelig felter med størst intensitet nær de lengdegrader hvor man har hatt størst hyppighet i observerte signaler fra Jupiter. Han fremsetter ingen teori om hva som kan være årsak til denne virkningen fra Io, og ser heller ikke bort fra at også andre av månene kan virke inn. Han antar det er mulig at det bare finnes et enkelt kildeområde på Jupiter og at orienteringen av en linje trukket gjennom kilden og drabanten vil være avgjørende for mottakelsen av signaler på Jorden. I så fall vil dette ha store konsekvenser for de tidligere nevnte teorier om strålingens årsak og magnetfeltets orientering. G. A. Dulk [16] har fortsatt analysen også for 1964 og kan bekrefte hva Bigg har funnet. Han går videre ved også å analysere frekvensspekteret. G. R. Lebo, A. G. Smith og T. D. Carr [17] kan også bekrefte Biggs oppdagelse, og de har videre funnet at de to månene Europa og Ganymede har innvirkning på observert aktivitet. De kan angi hvilke innbyrdes stillinger mellom disse to og Io som gir maksimum aktivitet sett fra Jorden.

I forbindelse med radarmålinger av satellitballogene Echo I og II har M. Tiuri [18] funnet at disse har en uventet innvirkning på Jordens ionosfære selv i stor avstand, og han fremsetter den antagelse at noe lignende kan gi forklaring på Io's virkning.

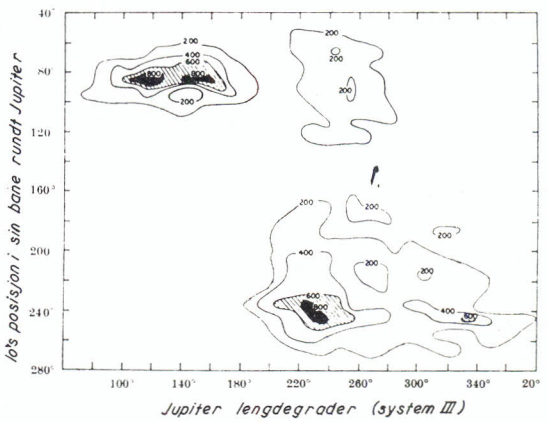


Fig. 5. Observert aktivitet i Jupiters radiostøy sammenholdt med Io's posisjon i sin bane rundt Jupiter, og lengdegrad som vender mot Jorden (Etter [15]).

Jupiters særegne aktivitet er omfattet med stor interesse blant forskerne innen dette og tilstøtende felter, og det er opprettet et stort antall observasjonsposter for å innhente data. Med midler fra NASA har professor C. H. Barrow ved The Florida State University organisert en kjede av stasjoner hvor også en i Trondheim er med. De ligger på en linje tilnærmet nord-syd: i Syd-Afrika (Grahamstown), Nigeria (Ibadan), Spania (Valencia), England (St. Osyth) og Norge (Trondheim). Hertil kommer også stasjoner i Florida og på Jamaica. I siste halvdel av 1964 ble det hver natt foretatt observasjoner på 18 MHz og registreringene sendt til Florida for databehandling. Man vilde bl. a. søke å finne om observasjonsstedets posisjon hadde noen innvirkning på mottakelsen av signaler, og foreløpige meldinger viser at det påtagelig oftere blir mottat signaler i den sydlige del av kjeden enn i den nordlige. I flere tilfeller kunde 3–4 av stasjonene motta samme gruppe støt innenfor et minutt eller to, mens de øvrige tilsynelatende ikke mottok noe. Barrow [19] antar at årsaken ligger i at den karakteristiske høyredreiende polarisasjon ved 18 MHz kommer til Jorden med motsatte magneto-ione-moder på den nordlige og sydlige halvkule. I England er det derfor satt opp et polarimeter for å undersøke hypotesen nærmere. Observasjonene i kjeden er fortsatt i september og vil gå ut desember 1965, denne gang med registrerutstyr med god oppløsningsevne overfor de enkelte støt i støysignalene, og synkronisert i tid ved radiosignaler fra de kjente tids- og frekvensstandard-stasjoner.

Desimeter-strålingen.

I innledningen ble nevnt at det foruten dekameterstrålingen som er behandlet i det foregående, også er oppdaget at planeten sender ut stråling i desimeterområdet. Denne strålingen har noe annen karakter enn dekameterstrålingen. Den ble oppdaget i 1956, like etter at man hadde funnet at Venus sendte ut radiobølger med bølgelengde noen centimeter. Observasjoner ble først gjort på 3,15 cm bølgelengde, men senere har man funnet signaler helt opp mot 350 cm bølgelengde. Strålingen er mer stabil enn den i dekameterområdet, og har små variasjoner mellom 10 cm og 70 cm, men i de som finnes, er det en viss periodisitet. Strålingsintensiteten ligger langt over den som planetens overflatetemperatur skulle tilsi, og man må følgelig søke etter andre årsaker enn denne som strålingens årsak.

Ved at man arbeider med bølgelengder en til to tierpotenser kortere enn dekameterstrålingen, kan man lage retningsbestemmende utstyr som har langt større oppløsningsgrad enn det for dekameterbølger. Man har med et interferometer laget ved California Inst. og Tech. med 31 cm bølgelengde funnet at strålingskilden på Jupiter har en utstrekning pa 2 bueminutter eller mer, eller over tre ganger planetens diameter i ekvatorplanet, mens den bare er en planetdiameter i polplanet. Man har ikke kunnet fastslå med sikkerhet om det finnes en eller to kilder i ekvator-retning, da observasjonene ikke er tilstrekkelige. Ved å måle intensitetsvariasjonene da Jupiter passerte «bak» Månen, i 1962, fant man en tilsvarende utstrekning også for 74 cm bølgelengde.

J. A. Roberts og M. M. Komesaroff [20] har nylig publisert resultater av nøyaktige målinger både av periode, og intensitet og polarisasjon ved 21 og 11 cm bølgelengde. Det ble funnet to maksima og minima pr. omdreining av planeten. Det er en utpreget symmetri om et plan gjennom lengdegradene 18° og 198°, men minimum på den ene siden er dypere enn det på den andre siden. Ved å måle polarisasjonsvinkelen fant man at den varierte med $\pm$ 10° når planeten roterte, og man slutter herav at magnetfeltets akse hellet 10° i forhold til rotasjonsaksen. At de to minima er ulike, tilskrives at rotasjonsaksen heller 2,9° med nordpolen vendt mot Jorden. Dersom man antar at strålingen har forbindelse med et magnetfelt, vil man få en dipol som gjennomskjærer overflaten syd for ekvator

ved 18° lengde og nord for ekvator ved 198°. I tillegg fant man en usymmetri som muligens kan skyldes mer lokale forhold, men som ikke er nærmere undersøkt ennå. Det antydes at denne usymmetrien også kan være skyld i en periodisitet på 360° ved dekameterstrålingen, i stedet for på 180°, og at forholdet som gir usymmetri må være merkbart ennå flere planetradier ute i rommet. Rotasjonstiden for de størrelser som har sammenheng med magnetfeltet, ble funnet å stemme godt overens med den for System III.

Polarisasjonen har også vært målt tidligere. Radhakrishnan og Roberts fant at 30 % av strålingen var lineærpolarisert, med den elektriske vektor i ekvatorplanet, og mindre enn 6 % sirkulærpolarisert. Moris og Berge fant noe tilsvarende, og at den elektriske vektors retning «vipper» med $\pm$ 9°. I siste halvdel av 1959 og først i 1960 fant enkelte at strålingsintensiteten hadde avtatt noe, men dette er ikke endelig fastslått.

Desimeterstrålingens årsak.

Det later til at desimeterstrålingen består av to komponenter, en som skyldes vanlig varmestråling og har bølgelengde fra 3 cm og kortere, og en som skyldes andre årsaker, med bølgelengde over 3 cm. Det er forøvrig under diskusjonene av denne siste at mulighetene for et Van Allen belte rundt Jupiter først ble nevnt. Også desimeterstrålingen antas å oppstå ved at Jupiters magnetfelt fanger inn ladede partikler (elektroner) som gir stråling når de spiraliserer langs feltlinjene. Man har beregnet mulighetene for to slags stråling: cyklotronstråling fra ikke-relativistiske elektroner, og synkrotronstråling fra relativistiske elektroner. Begge typer er diskutert av tallrike forskere. Modellen blir som i figur 3, men mens dekameterstrålingen ble antatt å komme fra vendeområdene som kommer ned i ionosfæren, antas desimeterstrålingen å komme fra større deler av eller hele Van Allen beltet. Hvis man regner med ikke-relativistiske elektroner, støter man bl. a. på den vanskelighet at skal strålingens polarisasjonsgrad stemme med den observerte, vil det lede til at modellens magnetfelt må ha en utstrekning på 7 planetdiametere i polretningen, mens det er målt til bare å være ca 1. Videre vil man få feltstyrker som er usannsynlige og grensefrekvenser som ikke stemmer med observasjonene. L. Davis og D. B. Chang har særlig gjennomregnet det relativistiske tilfellet, som under disse forhold gir utstråling over et stort frekvensområde, og fått det til å stemme bedre med det som er observert. Den største delen av strålingen, med ekvatorparallell polarisasjon skulle komme fra elektroner nær vendeområdene. Synkrotronteorien er basert på feltstyrker og elektronenergier adskillig rimeligere enn cyklotronteorien, men ennå er man et godt stykke fra det man skulle vente ved sammenligning med de data man kjenner fra Jordens Van Allen belte. Davis og Chang har allerede foreslått at årsaken til forskjellen kan være store fluktuasjoner i magnetfeltet, men i så fall måtte disse være så store at de burde være merkbare på annen måte også. Det er med andre ord meget som gjenstår på å få en riktig modell og full forklaring på hvad som foregår.

Nedenfor og i teksten er gitt referanser til den litteratur av nyere dato som er benyttet. I de fleste artiklene og særlig i oversiktsartikkelen ref. 21 er det tallrike henvisninger til litteratur tidligere enn 1964.

Litteratur.

[1] *Nishida, M.* og *Jugaku, J.:* J. Atmos. Sci. (USA), *21*, nr. 5 (sept. 1964) s. 568–9.

[2] *Hyde, F. W.:* New Scientist, nr. 354 (1963) s. 432 (29/8).

[3] *Franklin, K. L.:* Sci. American, juli 1964, s. 35.

[4] *Runcorn, S. K. og Dickel, J. R.:* New Scientist, 6. mai 1965, s. 354.

[5] *Peek, B. M.:* Monthly Not. Roy Astron. Soc. (GB), *128*, nr. 6, (1964) s. 509–12.

[6] *N. N.:* New Scientist, nr. 401 (23/7 1964) s. 200.

[7] *Goldstein, R. M.:* Rev. Geophys. (USA) *2*, nr. 4 (nov. 1964) s. 579–92.

[8] *Douglas, J. N.* og *Smith, H. J.:* Nature, *199*, (14/9 1963) s. 1080.

[9] *Smith, A. G.; Lebo, G. R.; Six, N. F.; Carr, T. D.; Bollhagen, H.; May, J.* og *Levy, J.*: Astrophys. J. (USA) *141*, nr. 2, (15/2 1965) s. 457–77.
[10] *Barrow, C. H.; Resch, G. M.; Hyde, F. W.; Gruber, G. M.* og *Bosch, M. C.*: Nature, *204*, (14/11 1964) s. 637–8.
[11] *Sherrill, W. M.*: Nature, *205*, (16/1 1965) s. 270–1.
[12] *Barrow, C. H.*: Icarus, *3*, nr. 1, mai 1964, s. 66.
[13] *Barrow, C. H.*: Nature, nr. 4915 (11/1 1964) s. 171.
[14] *Vsekhsviatskii, S. K.*: Astron Zh (USSR) *42*, nr. 3 (1965) s. 639.
[15] *Bigg, E. K.*: Nature, *203*, (5/9 1964) s. 1008.
[16] *Dulk, G. A.*: Science, *148*, (18/6 1965) s. 1585.
[17] *Lebo, G. R.; Smith, A. G.; Carr, T. D.*: Science, *148* (25/6 1965) s. 1724.
[18] *Tiuri, M.*: Nature, *207*, (4/9 1965) s. 1075.
[19] *Barrow, C. H.*: Foreløpige rapporter over observasjoner i 1963 og 1964 (privat medd.).
[20] *Roberts, J. A.* og *Komesaroff, M. M.*: Nature, *203*, (22/8 1964) s. 827–30.
[21] *Roberts, J. A.*: Planet. Space Sci., *11*, 1963, s. 221–59.

Niels Bohr: Fysikeren og naturfilosofen

Kristoffer Gjøtterud

Foredrag av Kristoffer Gjøtterud i Fysikkforeningen og Realistforeningen 7. oktober 1965.

Tittelen på dette foredraget: «Niels Bohr, fysikeren og naturfilosofen» må modifiseres til «noen glimt av Niels Bohr som fysiker og naturfilosof.» Noen glimt er det meste jeg tør håpe å få frem. Her skal det ikke gjøres noe forsøk på å gå opp en klar grense mellom fysikk og filosofi i Niels Bohrs verk og produksjon. Fysikeren og filosofen gikk alltid hånd i hånd. I en samtale jeg hadde med Niels Bohr for nøyaktig fem år siden, uttrykte han et sterkt håp om å få leve så lenge at han kunne få skrevet en samlet fremstilling, en bok, om den erkjennelsesteoretiske belæring som studiene av de individuelle, atomære fenomener har gitt oss. Jeg oppfattet det slik at han ønsket å testamentere denne fremstillingen til de nye generasjoner av fysikere. I samtalens løp spurte jeg direkte om hva som kunne være årsaken til at den kunnskapsteoretiske belæring fra atomfysikkens resultater ofte går hus forbi og ikke etterlater selv den svakeste konfliktopplevelse av disse problemer hos studenten. Svaret pekte på at opplæringen og undervisningen altfor ofte er helt formalistisk, og sjelden så mye som tangerer de måleteoretiske problemer i kvantemekanikken. Årsaken til at man unngår disse problemene ligger vel for en del i at de er vanskelige. Det er lettere å gjemme seg bak en matematisk formalisme. Men var det noe Niels Bohr aldri tillot seg så var det nettopp dette. Han la sterk vekt på den logiske stringens, men var ikke altfor interessert i den formelle logikk. Han behersket fullstedig matematikken som hjelpemiddel, men han var også klar over at den formelle, matematiske struktur kunne komme til å skjule problemets fysiske kjerne. Pauli viste engang Bohr en utvikling som Bohr straks kunne påvise en feil i. Pauli beklaget at utviklingen ikke var riktig, den var jo ellers så vakker! Bohr svarte at han ikke visste hva det ville si at noe var smukt når det ikke var sant.

Under et besøk i U. S. A. 1933 fortalte Bohr om sine planer for fremtidige publikasjoner til professor Rud Nielsen: «I believe that I have come to a certain stage of completion in my work. I believe that my conclusions have wide application also outside physics... I should like to write a book that could be used as a text. I would show that it is possible to reach all important results with very little mathematics. In fact, in this manner one would in some respects achieve greater clarity.»

Men denne boken som vi vet at Bohr flere ganger uttrykte ønske og håp om å kunne skrive, og som han refererte til som sitt testamente, ble aldri skrevet. Etter samtalen som jeg nettopp har referert til, levde Bohr i vel to år. Han døde den 18. november 1962. I denne tiden var han sterkt opptatt av mangelegemeproblemet i kvantemekanikken, slik det spesielt fremtrer i fenomener ved lave temperaturer, supraledningsfenomenene. Det har vært hevdet som et påfallende trekk hos store fysikere at de i eldre år vier seg til filosofien. For Niels Bohr passer ikke dette skjema.

I sitt store doktorarbeide fra 1911: «Studier over Metallernes Elektronteori», satte Bohr

Cand. real Kristoffer Gjøtterud er universitetslektor i fysikk ved Universitetet i Oslo, Blindern.

seg som mål «at forsøge at gennemføre Beregningerne for de forskjellige Fænomener, der forklares ved Tilstedeværelsen af fri Elektroner i Metallerne, i saa stor Almindelighed som muligt, med Bevarelsen af de Hovedsynspunkter der er lagt til Grund i Lorentz' Theori». Der var allerede en del eksempler på fenomener som lå utenfor rekkevidden av en klassisk beskrivelse, nemlig: beregningen av faste stoffers varmekapasitet og beregningen av varmestrålingsloven for høye frekvenser. I sin avhandling viser Bohr at det er enda et fenomenkompleks som ligger utenfor den klassiske teoriens mulighet: Metallenes magnetiske egenskaper. Siste setningen i avhandlingen lyder: «Det synes ikke muligt paa Elektrontheoriens nuværende Standpunkt, ud fra denne Theori at forklare Legemernes magnetiske Egenskaber.» Bohr har fortalt at dette negative resultat overbeviste ham om at den klassiske fysikken ikke var i stand til å beskrive atomene. Vi må ha det klart for oss at dette ikke var noe lettvint resultat, men bygger på en omhyggelig og fremragende vitenskapelig undersøkelse av rekkevidden og konsekvensen av de klassiske forestillinger i metallenes elektronteori. Nettopp fordi antagelsene som Bohr bygget sin avhandling på var så generelle, var det helt klart for ham at det ikke bare dreiet seg om en uoverensstemmelse mellom teori og eksperiment som berodde på detaljer i beregningene, men at det var selve teoriens grunnlag, den klassiske fysikk, som var utilstrekkelig.

Under sitt opphold hos Rutherford i 1912 tok Bohr opp problemet med hurtige, ladede partiklers passasje gjennom materie. Dette arbeidet ble publisert i Phil. Mag. *25* (1913) og her er problemet omhyggelig studert ut fra den klassiske mekanikk. Bohrs arbeide inneholder de viktigste egenskaper ved nedbremsningsfenomenene, men gir systematisk for store verdier sammenlignet med de eksperimentelle verdiene for energitapene for α- og β-partikler. Først i 1930 lyktes det Bethe ved hjelp av kvantemekanisk perturbasjonsregning å oppnå en nøyaktig teori. Felix Bloch som kom til København i 1931 diskuterte disse problemene med Bohr, og da han i 1933 publiserte sine resultater i Annalen der Physik tok han etter Bohrs ønske med en fotnote om at Bohr i den nærmeste fremtid ville publisere et arbeide hvor han ville klargjøre de grunnleggende problemer ved «stoppe»-fenomenene. Dette annonserte arbeidet ble publisert i 1948 og er en omfattende publikasjon på 150 sider. Om arbeidet med ladede partiklers passasje gjennom materie skrev Bohr: «It has been an important test of the methods of atomic mechanics and has, not least, offered instructive lessons as regards the extent to which the application of classical, mechanical concepts is adequate and at what point proper quantum mechanical analysis is required.» I et arbeide fra 1954 tok Bohr, sammen med F. Lindhard, enda en gang opp problemer med atomære systemers passasje gjennom stoff. Og dette er bare et eksempel av mange på Bohrs vedholdende interesse for og utholdende arbeide på et bestemt problemkompleks.

Etter å ha oppholdt seg i omtrent et år hos F. J. Thomson og med stor interesse studert Thomsons originale ideer om atomenes elektronstruktur, sluttet Bohr seg nå til Rutherfords gruppe i Manchester. Dette oppholdet skulle komme til å bety meget for Bohr og for fysikkens utvikling. Møtet mellom Rutherford og Bohr ble et møte mellom forskjellige tradisjoner og innstillinger. Rutherford var eksperimentatoren som sto på den sterke, engelske, empiriske tradisjon, og han hadde en avvisende, kritisk holdning overfor teoretikere. Bohr var teoretikeren som sto på fransk og tysk tradisjon og som med streng konsekvens dro de fulle slutninger av en hypotese. Men Rutherfords innstilling overfor Bohr var preget av dyp respekt. På spørsmål om hvorfor hans innstilling overfor Bohr var forskjellig fra innstillingen til andre teoretikere, svarte han: «Bohr er annerledes. Han spiller fotball.» Bohr innså tidlig at Rutherfords oppdagelse av atomkjernen innebar muligheter til å skille mellom grunnstoffenes fysisk-kjemiske egenskaper som måtte være bestemt av den måten elektronene er bundet til kjernen på, og de radioaktive egenskaper som måtte være bestemt av selve kjernens struktur. Han hadde lenge vært interessert i det periodiske system og han forsto nå at det var kjerneladningen og ikke atomvekten som avgjorde grunnstoffets plass i systemet. Han kom også på sporet av begrepet isotopi.

Under sitt arbeid med nedbremsning av α-partikler hadde han hele tiden de grunnleggende problemer om atomets struktur fremme i bevisstheten. I et brev til sin bror Harald skriver han den 19. juni 1912: «Det kunde være at jeg måske har fundet ud af en lille Smule om Atomernes bygning...», «som maaske er... et lille bitte Stykke af Virkeligheden...». Og han tilføyer: «Det

er alt sammen vokset frem af en lille Oplysning jeg fik fra α-strålernes Absorption.»

Bohr slo straks ned på to sentrale problemer ved Rutherfords atommodell som er uløselige innenfor rammen av den Newtonske mekanikk og Maxwellske elektrodynamikk. Rutherfords atommodell ville for det første helt mangle den stabilitet som all erfaring viser at atomet har. I følge elektrodynamikken, som med så overveldende nøyaktighet beskriver slike fenomener som signaltransmisjon mellom makroskopiske antenner, vil Rutherfords atom måtte kollapse til elektronets eller kjernens dimensjoner eller med Bohrs ord:»... the electron will approach the nucleus describing orbits of smaller and smaller dimensions, and with greater and greater frequency; the electron on the average gaining in kinetic energy at the same time as the whole system looses energy. This process will go on until the dimensions of the orbit are of the same order of magnitude as the dimensions of the electron or those of the nucleus. A simple calculation shows that the energy radiated out during the process considered will be enormously great compared with that radiated out by ordinary molecular processes.»

Det andre problemet ved Rutherfords atommodell gjelder muligheten av å få fastlagt en lengde av samme størrelsesorden som atomets utstrekning. I Thomsons atommodell hadde man a priori en slik lengde, nemlig utstrekningen av den positive ladningsfordeling. Jeg siterer igjen fra Bohrs berømte artikkel «On the Constitution of Atoms and Molecules» i Phil. Mag. July 1913:

«The way of considering a problem of this kind has, however, undergone essential alterations in recent years owing to the development of the theory of the energy radiation, and the direct affirmation of the new assumptions introduced in this theory, found by experiments on very different phenomena such as specific heats, photoelectric effect, Røntgenrays, etc. The result of the discussion of these questions seems to be a general acknowledgement of the inadequacy of the classical electrodynamics in describing the behaviour of systems of atomic size. Whatever the alteration in the laws of motion of the electron may be, seems necessary to introduce in the laws in question a quantity foreign to the classical electrodynamics, i. e. Planck's constant, or as it often is called, the elementary quantum of action. By the introduction of this quantity the question of the stable configuration of the electrons in the atoms is essentially changed, as this constant is of such dimensions and magnitude that it, together with the mass and charge of the particles, can determine a length of the order of magnitude required.»

I løpet av juni og juli 1922, med utgangspunkt i virkningskvantet, utarbeidet Bohr sine ideer om atomenes og molekylenes struktur i grunntilstanden. Disse betraktninger skrev Bohr ned for å vise dem til Rutherford, og hovedparten av manuskriptet skal være bevart. (Jeg har dessverre ennå ikke hatt anledning til å se det.) De forestillinger som er utarbeidet i de tre berømte avhandlinger «On the Constitution of Atoms and Molecules» finnes som ideer og kimer allerede i dette dokumentet fra 1912. I slutten av juli vendte Bohr tilbake til København, og hele høsten arbeidet han videre med å avklare den rolle som Planck's konstant spiller i atomets oppbygning. Han skrev i november til Rutherford om de store vanskeligheter han støter på i sine beregninger. Inntil et stykke ut i februar 1913 hadde Bohr ennå ikke stiftet bekjentskap med Balmers formel for spektrallinjene i vannstoff. Dette fremgår av brev fra Bohr til Rutherford 31. januar, og til Hevesy 7. februar 1913. Det var Bohrs studiekamerat, H. M. Hansen, som henledet oppmerksomheten på Balmers formel, og Bohr sier selv: «Så snart jeg så Balmers formel stod det hele straks klart.»

På under en måned var det nå mulig for Bohr å skrive ferdig sin berømte avhandling som han sendte til Rutherford 6. mars. I dette arbeidet gjøres det to revolusjonerende forutsetninger: «(1) That the dynamical equilibrium of the systems in the stationary states can be discussed by help of the ordinary mechanics, while the passing of the systems between different stationary states cannot be treated on that basis. (2) That the latter process is followed by the emission of a homogeneous radiation, for which the relation between the frequency and the amount of energy emitted is the one given by Planck's theory.» Om sin andre grunnleggende antagelse sier Bohr: «The second assumption is in obvious contrast to the ordinary ideas of electrodynamics, but appears to be necessary in order to account for experimental facts.»

I sitt svar til Bohr av 20. mars skriver Rutherford: «Your ideas as to the mode of origin of the spectrum of hydrogen are very ingenious and seem to work out well; but the mixture of Planck's ideas with the old mechanics make it very difficult to form a physical

idea of what is the basis of it. There appears to me one grave difficulty in your hypothesis, which I have no doubt you fully realise, namely, how does an electron decide what frequency it is going to vibrate at when it passes from one stationary state to the other? It seems to me that you would have to assume that the electron knows beforehand where it is going to stop.»

Rutherford satte her fingeren nettopp på et punkt som sjokkerte samtidens fysikere. Bohrs frekvensbetingelse førte nemlig til at frekvensen av det utsendte lys ikke hadde noen relasjon til elektronets omløpsfrekvens. Dette var helt utenkelig. Spektroskopisten og matematikeren Runge i Gøttingen betegnet tankegangen som rent nonsens og som en beklagelig hendelse. Sommerfelds reaksjon kjenner vi fra hans kommentar til den franske fysiker Brillouin: «Der er en særdeles viktig avhandling her av N. Bohr, den vil bety en milepæl i den teoretiske fysik.»

Bohrs avhandling er meget omfattende. Vi finner allerede her en tanke som fikk helt avgjørende betydning for den senere utvikling, nemlig korrespondanseprinsippet: Bohr pekte på at ved høye stasjonære tilstander gir frekvensbetingelsen samme verdi for frekvensen som en klassisk behandling av atomet som «radiosender» vil gi. Han løser også et problem som var oppstått i forbindelse med noen spektralserier som Pickering hadde oppdaget i stjernespektra, og som Fowler hadde sett fra en blanding av helium og hydrogen. Dersom disse spektralserier stammet fra hydrogen, slik som alle trodde, ville Rydberg-konstanten ikke være noen konstant. Etter Bohrs teori stammet imidlertid Pickering-Fowlers spektralserier fra enkeltionisert helium. I Rutherfords laboratorium ble det påvist at Bohr hadde rett. Men Fowler var ennå ikke overbevist. Han kunne peke på en liten, men endelig uoverensstemmelse mellom eksperimentene og resultatene av Bohrs teori, men dette problem løste Bohr elegant ved å erstatte elektronets masse i uttrykket for Rydbergkonstanten med den reduserte masse $mM/m + M$, hvor M er massen av heliumkjernen. Etter denne korreksjon var det igjen full overensstemmelse med de eksperimentelle resultater. Gjennom brev fra Hevesy til Bohr og Rutherford kjenner vi Einsteins reaksjon. Til Bohr skrev Hevesy: «– så spurgte jeg ham om hans syn på Deres teori. Han fortalte mig, den er meget interessant, meget vigtig, hvis den er rigtig og så videre, og han havde meget lignende ideer for mange år siden, men havde ikke mod til at udvikle dem; jeg fortalte ham at det er godtgjort nu med sikkerhed, at Pickering-Fowler spektret tilhører helium. Da han hørte dette var han overordentlig forbløffet og fortalte mig: «Så avhenger lysets frekvens slett ikke av elektronenes frekvens – (Jeg forstod ham således? ?) og dette er en uhyre bedrift. Så må Bohrs teori være rigtig.» Brevet til Rutherford slutter Hevesy slik: «– Da jeg fortalte ham om Fowlerspektret så Einsteins store øine endnu større ud, og han fortalte meg: «Så er det en av de største opdagelser».»

Men få var kanskje bedre enn Bohr selv klar over at man ennå manglet fast grunn å stå på. Han forsto at sammenblandingen av Plancks konstant med den gamle mekanikk var en approksimasjon. Et foredrag om den nye teori i Fysisk forening 1913 avsluttet han slik: «Førend jeg slutter, vil jeg blot gjerne sige, at jeg haaber, at jeg har udtrykt mig saa tydeligt, at De vil have opfattet, hvor meget de fremførte Betragtninger strider imod den saa beundringsverdigt sammenbyggede Kreds af Forestillinger, som man med Rette har benævnt den klassiske Elektrodynamik. Paa den anden Side har jeg bestræbt mig for at bibringe Dem det Indtryk, at der – netop ved saa stærkt at fremhæve denne Modstrid – maaske er Mulighed for med Tiden ogsaa at bringe en vis Sammenhæng i de nyere Forestillinger.»

I de følgende år gikk Bohr løs på en rekke nye problemer. Sammen med Kramers forsøkte han å beregne spektret for heliumatomet ut fra samme halvklassiske betraktninger som førte til så stor suksess for hydrogenatomet. Dette forsøket mislyktes.

Atomteoriens videre utvikling trakk nå de mulige konsekvenser av forestillingen om stasjonære elektronbaner. Man trakk inn relativistiske betraktninger for elliptiske baner og fikk periheldreiningen som ga eksakt forklaring på hydrogenlinjenes finstruktur. Korrespondanseprinsippet ble forfinet og gjorde det også mulig å bestemme overgangssannsynligheter og utvalgsregler. Korrespondanseargumentet som pløyer så dypt gikk stort sett hus forbi hos samtidens fysikere. Bohr skriver i 1922 til Sommerfeld:» – I de senere År har jeg ofte videnskabeligt følt mig meget ensom under Indtryk af at mine Bestræbelser for efter bedste Ævne systematisk at udvikle Kvanteteoriens Principper er blevet optaget med meget ringe Forstaaelse. Det drejer sig for mig ikke om pædagogiske Bagateller, men

om et alvorligt Forsøg paa at opnaa en saadan indre Sammenhæng, at man kunde haabe at opnaa et sikrere Grundlag for den videre Opbygning.» Allerede i et brev til den svenske fysiker Oseen i 1914 bemerket Bohr i forbindelse med det problem å behandle atomer med flere elektroner: «Jeg er tilbøielig til at tro, at der i Problemet stikker ganske overordentligt store Vanskeligheder der kun kan omgaaes ved at fjerne sig i endnu langt høiere Grad fra de sædvanlige Betragtninger end det hidtil har vært nødvendigt, og at det foreløbige Held udelukkende skyldes de betragtede Systemers Simpelhed.»

Tiden frem til 1926, hvor det ved et enestående samarbeide mellom en hel generasjon av teoretiske fysikere, ble skapt en logisk konsistent generalisering av den klassiske mekanikk og elektrodynamikk, er blitt kalt den heroiske æra av kvantemekanikken. I dette arbeidet kom Einsteins arbeide fra 1917, over spontane og induserte overgangssannsynligheter til å spille en avgjørende rolle. Einstein anvedte Bohrs stasjonære tilstander, men anvendte ikke noen spesielle forestillinger om elektronbaner. I 1924 lyktes det Kramers med grunnlag i Einsteins formulering av de statistiske lover for de strålingsinduserte overganger, og en mer almen formulering av korrespondanseprinsippet å nå frem til en dispersjonsformel for spredning av lys mot atomer. Denne teorien som ble ytterligere utviklet av Kramers og Heisenberg, inneholdt også nye dispersjonseffekter. Denne dispersjonsteori inneholdt bare energiene for de stasjonære tilstander og sannsynlighetene for overganger mellom dem, og ble en direkte forløper for den matematisk konsistente teori som Heisenberg formulerte i 1925. Denne matrisemekanikk eller kvantemekanikk som ble utviklet av Heisenberg med vesentlige bidrag av Born, Jordan og Dirac, åpnet nå veien for en konsistent statistisk behandling av mange atomære problemer som hittil bare hadde vært tilgjengelig med en utilstrekkelig semi-klassisk metode.

I Heisenbergs matrisemekanikk er det ikke noe tilbake av baneforestillinger. Disse finnes nå bare i den asymptotiske korrespondansegrense. I denne teorien er mekanikkens kanoniske ligninger i Hamiltons form bevart, men de kanonisk konjugerte dynamiske variable er erstattet med operatorer som følger en ikkekommutativ algebra som inneholder Plancks konstant og det rene imaginære tall $i = \sqrt{-1}$. De mekaniske størrelser representeres av hermitiske matriser hvor elementene refererer til alle mulige overgangsprosesser mellom stasjonære tilstander. Ut fra denne formalisme viste det seg mulig å bestemme de stasjonære tilstanders energier og sannsynlighetene for overganger mellom dem.

Uavhengig av utviklingen av matrisemekanikken innførte de Broglie begrepet materiebølger og i 1926 oppstilte Schrødinger den såkalte bølgeligning. Schrødingers bølgeligning er en lineær differensialligning i tiden hvor de klassiske, dynamiske variable erstattes med differensialoperatorer etter et bestemt skjema. Denne differensialligning bestemmer en tilstandsfunksjon, den såkalte bølgefunksjon. Gjennom arbeider av Born, Dirac og Jordan ble det klart at bølgefunksjonen var et eksplisitt uttrykk for atommekanikkens grunnleggende statistiske karakter, idet den direkte kunne oppfattes som en sannsynlighetsamplitude som på den mest uttømmende måte beskriver et atomært system.

Schrødinger mente at han ved innføringen av bølgefunksjonen hadde greid å bringe kontinuumsbetraktningen tilbake til atomfysikken. Heisenberg hørte et foredrag av Schrødinger i München i juli 1926, og om denne begivenhet skriver han slik: «Således blev jeg for første gang kjendt med den fortolkning som Schrødinger ville give sin matematiske formalisme, bølgemekanikken, og jeg var helt fortvivlet over den begrepsforvirring som dermed, efter min oppfattelse, blev bragt inn i atomteorien. Desværre fikk jeg intet ud af mit Forsøg på under diskusjonen igjen at bringe Orden i Begreberne. Mit Argument, at man med Schrødingers fortolkning jo ikke engang kunde forstå Plancks Strålingslov, overbeviste ingen.»

I september 1926 kom Schrødinger til København og her opplevde han intense og langvarige diskusjoner med Bohr:

«Men Schrødinger, De maa dog indrømme at...». En gang skal Schrødinger i fortvilelse ha utbrudt: «Når det alligevel skal blive ved med dette fordømte kvantespringeri, så beklager jeg at jeg nogensinde har givet mig af med atomteori.»

I 1926 er en fase av utviklingen av atomteorien avsluttet. I et brev til sin venn Oseen skriver Bohr i januar 1926: «Atomteorien har jo i disse aar gennemløbet en alvorlig Krise ... I det hele giver Udviklingen paa dette Omraade rigeligt Stof til Eftertanke angaaende den Skæbne som menneskelige Forestillinger om Naturen er underkastede.

Frem kommer vi vel efter haanden men i et hvert Resultat lurer Fristelsene til at komme paa Afveje. I atomteorien gjelder det i en saadan Grad, at man paa Kvanteteoriens nuværende Udviklingstrin neppe kan sige om det var et Held eller et Uheld, at Keplerbevegelsens Egenskaber kunde bringes i saa simpel Forbindelse med Brintspektret, som man engang troede muligt. Havde Forbindelsen blot indskrenket sig til den asymptotiske Art, som man efter Korrespondanseprinsippet kunde forlange, havde man ikke været fristet til en saa grov Anvendelse av Mekanikken, som man en Tid lang troede mulig. Paa den anden Side var det imidlertid netop disse mekaniske Betragtninger, der skulde hjelpe til Opbygningen af den Analyse af de optiske Fænomener, der gradvis ledte over i Kvantemekaniken.»

Og så var man vel tilfredse? Atomteorien hadde fått en stort sett sammenhengende formulering fri for selvmotsigelser, og fruktbarheten og hensiktsmessigheten og slagkraften av teorien når det gjaldt å forstå og sammenfatte det overveldende eksperimentelle materiale om atomære prosesser og fenomener, var snart hevet over tvil. Men man var ikke tilfreds. Det var særlig den matematiske formalismens abstrakte karakter, den åpenbare statistiske natur av beskrivelsen og dermed det fullstendige brudd med det klassiske ideal til en anskuelig, kausal beskrivelse, som foruroliget mange. Den periode som nå satte inn, hvor det ble nedlagt et intenst arbeid på å oppklare den begrepsmessige side av situasjonen, kunne vi betegne som tankeeksperimentenes epoke i kvantemekanikken. Heisenberg oppholdt seg i København som Bohrs nærmeste medarbeider i disse hektiske årene, og Bohr og Heisenberg angrep problemene ut fra helt forskjellige kanter. Heisenberg satte sin lit til den abstrakte, matematiske formalisme og den fysiske tolkning av bestemte størrelser som allerede var gjort i kvantemekanikkens grunnleggende antagelser. Bohr på sin side mente at nøkkelen til oppklaringen av de tilsynelatende umulige padadokser som knyttet seg til anvendelsen av bølgeforestillinger og partikkelforestillinger nettopp lå i at man tok utgangspunkt i bølge-partikkel dualismen. Han følte seg overbevist om at han nettopp med dette utgangspunkt skulle kunne nå til en tolkning av den helt nye situasjon som kvantemekanikken betydde i naturbeskrivelsen. Bohr hadde allerede tidligere vært inne på disse tankene i et arbeide sammen med Kramers og Slater. Her hadde de til og med renonsert på den strikte gyldighet av energiprinsippet ved elementære prosesser. Energiprinsippet ble senere eksperimentelt påvist å ha alminnelig gyldighet også her.

Schrødingers versjon av kvantemekanikken tiltalte Bohr meget, ikke bare fordi den ga et slagkraftig regneapparat, men fordi den aksentuerte bølge-partikkeldualismen og eksplisitt formulerte superposisjonsprinsippet. Bohr så en motsigelsesfri sammenheng mellom superposisjonsprinsippet og den karakteristiske karakter av individualitet og udelelighet av atomære prosesser.

Oppklaringen av situasjonen kom nettopp ved hjelp av en utstrakt bruk av tankeeksperimenter til å medføre en dyptgående analyse av iakttagelsesprosessen i atomfysikken. I slutten av februar 1927 foretok Heisenberg en en nattlig spasertur i Fælledparken for å forsøke å falle litt til ro etter en hard diskusjon med Bohr. Han beretter om denne turen: «På denne vandring ... kom jeg på den nærliggende tanke at man kanskje simpelthen skulle postulere at naturen bare tillater slike eksperimentelle situasjoner som lar sig beskrive innenfor den kvantemekaniske formalisme. Det vilde åpenbart bety at man ut fra den matematiske formalisme kunde slutte at man ikke samtidig kan kjende en partikkels sted og hastighet. Det var foreløbig ingen anledning til å drøfte den mulighet med Bohr da han nettop i de dage reiste på skiferie til Norge.» Han fortsetter: «Efterladt allene i København kunde jeg også gi mine tanker friere løp, og besluttet å gjøre ubestemthetsrelasjonen til fortolkningens sentrale punkt.»

Under Bohrs Norges-opphold skrev Heisenberg et utkast til en avhandling om usikkerhetsprinsippet hvor han også diskuterte problemene med å lokalisere et elektron v. h. a. et tenkt γ-strålemikroskop. Bohr arbeidet videre med komplementaritetstanken og var i begynnelsen ikke helt fornøyd med Heisenbergs analyse. Etter noen ukers voldsomme diskusjoner var det imidlertid klart at usikkerhetsrelasjonene var et spesialtilfelle av det mye mer generelle komplementaritetsforhold.

Bohr så helt klart at det her dreide seg om et entydighets-flertydighets-problem og han så både de muligheter og begrensninger som språket gir. Bohr skriver i sin avhandling «Erkendelsesteoretiske Problemer i Atomfysiken»: «Det må i denne forbindelse erindres at det selv i ubestemthetsrelasjonen drejer sig om en konsekvens af formalismen, som det

ikke er muligt på entydig måte at fortolke i ord egnede til at beskrive klassiske fysiske billeder. Således giver en sætning som «vi kan ikke kjende både bevægelsesmengden og posisjonen av et atomært objekt» straks anledning til spørsmål om den fysiske realitet af sådanne attributter til objektet, hvortil svar kun kan gives ved henvisning til betingelserne for den entydige anvendelse af rom-tid-begreberne på den ene side og de dynamiske bevarelses-sætninger på den anden. Medens foreningen af disse begreper i et enkelt billede er grundlaget for den klassiske mekaniks årsagsbeskrivelse, skabes det netop plads til lovmessigheder udenfor denne beskrivelses rækkevidde ved den omstændighed, at studiet af komplementære fænomener kræver forsøgsanordninger der udelukker hinanden.»

Det var i en konferanse i Como i september 1927 han la frem sine synspunkter som han sammenfattende betegnet med begrepet komplementaritet. Han gjør først klart at beskrivelsen av enhver erfaring — uansett hvor fjernt fenomenene er fra en klassisk beskrivelse, må uttrykkes i klassiske begreper. Dette beror på muligheten og kravet til en entydig kommunikasjon om apparatoppstilling og resultater. Denne situasjon medfører at det er umulig, skarpt å skille mellom et atomært objekts uavhengige oppførsel og dets vekselvirkning med de måleinstrumenter som definerer betingelsene for fenomenet. Den nedre grense for denne kontroll av vekselvirkningen er satt av størrelsen av Plancks virkningskvantum og gir et prinsipielt ukontrollerbart spillerom med hensyn til det atomære systems randbetingelser som nødvendig fører til at vi her får en prinsipielt statistisk beskrivelse. Den karakteristiske individualitet og udelelighet av kvantefenomenene beror på den omstendighet at ethvert forsøk på å dele opp fenomenet krever en forandring av måleoppstillingen som vil medføre at fenomenet forsvinner. De opplysninger vi på denne måten får om et system ved forskjellige forsøksbetingelser, kan altså ikke sammenfattes i et enkelt bilde, men står i et komplementært forhold til hverandre. Rom-tids-lokalisering står i et komplementært forhold til energi- og impulsbevarelse, idet rom- og tids-fastleggelsen innenfor grensene gitt ved usikkerhetsrelasjonen, medfører en ukontrollerbar overføring av impuls og energi til de makroskopiske målestaver og klokker. Det må her understrekes at måleinstrumentene beskrives helt ved klassisk-fysiske begreper.

Gjennomdrøftingen av disse forhold skjedde ved å analysere spissfindig konstruerte tankeeksperimenter. Einstein var særlig oppfinnsom og mente gang på gang at han hadde motbevist usikkerhetsprinsippets almengyldighet. Bohr kunne hver gang vise at det holdt, og siste gang ved hjelp av resultater fra Einsteins generelle relativitetsteori. Solvay-konferansene i Brüssel høsten 1927 og 1929 dannet avslutningen på den erkjennelsesteoretiske avklaringsepoke i atomteoriens utvikling. Her møttes samtidens eldre og yngre fysikere, men møtene utviklet seg til en dramatisk duell mellom Bohr og Einstein om kvanteteorien slik den nå er formulert, kunne ansees som en uttømmende løsning av de atomære kvantefenomener. Allerede ved frokostbordet presenterte Einstein sitt tankeeksperiment som skulle påvise indre motsigelser i den Bohrske tolkning av problemene, og ut på ettermiddagen hadde Bohr sin analyse klar, og mot denne analysen kunne Einstein ikke innvende noe. Men i sitt hjerte var han ikke overbevist. Bohrs og Einsteins felles venn, Ehrenfest, sa da til Einstein: «Jeg skammer meg over deg, Einstein. Nå snakker du til Bohr nøyaktig slik som relativitetsteoriens motstandere snakker til deg.» Etter denne salve reiste Einstein seg og gikk ut i korridoren i dype tanker. Ehrenfest snudde seg nå til Bohr: «Slik taler jeg til Einstein, men når vi nå er alene, må jeg si at jeg ville være meget lykkeligere om dere ble enige.» Einsteins betenkeligheter og kritikk virket meget ansporende på Bohr, og i samtalen jeg tidligere viste til, ga Bohr uttrykk for dyp takknemlighet overfor Einstein, samtidig som det tydelig var en pine for ham at de ikke kom til enighet. Han uttrykte det slik: «Einstein var de siste årene uten kontakt med fysikken.»

I mai 1935 kom så en publikasjon i Physical Review av Einstein, Podolsky og Rosen: «Can Quantum-Mechanicle Description of Physical Reality be Considered Complete». De slutter sin avhandling slik: «While we have thus shown that the wavefunction does not provide a complete description of the physical reality, we left open the question of whether or not such a description exists. We believe, however, that such a theory is possible.»

Bohr svarer med et brev til Nature juli 1935 og i Phys. Rev. oktober 1935, og peker på at Einstein, Podolsky og Rosens virkelighetskriterium inneholder en vesentlig flertydighet når det anvendes på kvantefenomener.

Det vil føre for langt å gå nærmere inn på denne diskusjonen her, men jeg håper å kunne behandle den i detalj ved en senere anledning. At disse problemene fremdeles opptar mange fysikere får vi et levende inntrykk av gjennom rapporten i Physics Today for januar 1964, fra en konferanse ved Xavier University i oktober 1962 om kvantemekanikkens grunnlag, hvor blant andre Rosen, Podolsky, Dirac, Wigner og Aharonov deltok.

Følgende uttalelse av Einstein om Bohrs innstilling satte punktum for fortsatt fruktbar diskusjon: «Det er mulig at den er uten logisk motsigelse, men den er i så sterk motsetning til mit vitenskapelige instinkt, at jeg ikke kan oppgi å søke etter en mer fullstendig beskrivelse.»

Når Bohr sa at kvantemekanikken ga en uttømmende beskrivelse mente han ikke med dette å si at alle problemer nå er løst. Tvert imot sa han i et foredrag om kausalitet og komplementaritet ved den andre internasjonale kongress for «Videnskabens Enhed» i København juni 1936 (Naturens Verden, 21 (1937)): «Ved nærmere Betragtning kan den nuværende Formulering af Kvantemekaniken, uanset dens store Frugtbarhed, endnu kun ansees som et første Skridt til den nødvendige Almindeliggjørelse af den klassiske Beskrivelsesmaade, idet denne Formulering er betinget af Muligheden af indenfor dens udstrakte Anvændelsesomraade at se bort fra selve maaleinstrumenternes atomære Opbygning ved Tydningen af Forsøksresultaterne.

For en sammenfatning af endnu dybere liggende Lovmæssigheder i Naturen, for hvilke ikke alene den indbyrdes Vekselvirkning mellem de sædvanligvis som elementære betragtede Byggestene af Materien, men ogsaa Spørgsmaalet om deres egen Stabilitet kommer i Betragtning, turde endog denne Forudsætning ikke længer kunde opretholdes, og vi maa regne med en mere omfattende Almindeliggjørelse af Komplementaritetsbeskrivelsen, som vil medføre yderligere Afkald paa de sædvanlige Krav til saakaldt Anskuelighed.»

Foredraget bygger i det vesentligste på følgende litteratur:

Fra boken «Niels Bohr, hans liv og virke fortalt af en kreds af venner og medarbejdere.»
J. H. Schultz Forlag, København 1964: Léon Rosenfeld og Erik Rüdinger «Gennembrudsårene 1911–1918.
Oskar Klein. «Glimt af Niels Bohr som forsker og tænker.»
Werner Heisenberg: «Kvanteteorien og dens fortolkning.»
J. Rud Nielsen: «Memories of Niels Bohr», Physics Today, Vol 16 (1963) No 10, p. 22.
Felix Bloch: «Reminiscences of Niels Bohr», Physics Today, Vol. 16 (1963) No 10, p. 32.
N. Bohr: «Studier over Metallernes Elektrontheori, Dissertation» (København 1911).
N. Bohr: «On the Constitution of Atoms and Molecules», Phil. Mag. 26 (1913) 1.
N. Bohr: «Om brintspektret», Fysisk Tidsskrift 12 (1914) 97.
N. Bohr: «Chemistry and the Quantum Theory of atomic Constitution», (Faraday Lecture), J. Chem. Soc. p. 349 (1932).
N. Bohr: «Kausalitet og Komplementaritet», Naturens Verden 21 (1937) 113.
N. Bohr: «The Causality Problem in atomic Physics», Conference on new Theories in Physics, Warsaw, 1938.
N. Bohr: «The Rutherford Memorial Lecture, Reminiscences of the Founder of nuclear Science and of some Developments based on his Work,» Proc. Phys. Soc. 78 (1961) 1083.

Bøker

Brev til redaksjonen.

Supplement til en bokanmeldelse.

Innenfor den populærvitenskapelige litteratur er det i de senere år blitt utgitt en rekke små, hendige bøker på norsk. Disse bøkene kan bety et verdifullt supplement til skolens lærebøker, og det er sikkert en hel del gymnasiaster som finner frem til dem. Det er imidlertid meget om å gjøre at disse bøkene er helt pålitelige i den faglige fremstilling. Et eksempel på det motsatte er boken «Vann» som ble anmeldt i «Fra Fysikkens Verden», nr. 3, uten at det ble slått ned på de mange, til dels elementære feil som forekommer i de avsnitt hvor argumenter av kjemisk art inngår.

Forfatterne streifer vidt omkring, noe som bokens tittel innbyr til, og de er inne på vesentlige epoker i kjemiens historie, f. eks. det langvarige arbeide med fastleggelse av riktige atomvekter og molekylformler. Argumentasjonen er imidlertid temmelig forvirrende. På s. 62 skriver forfatterne: «Vi vet at 1 vektenhet hydrogen oksyderes til 18 vektenheter vann, og at det er dobbelt så mange oksygenatomer som det er hydrogenatomer i vann siden den kjemiske formel er H_2O. Hvis vi fastsetter vekten 1 for hydrogenatomet, blir derfor oksygenatomets atomvekt 16». Dette blir jo rett og slett tøv. Hele poenget med Daltons vanskeligheter og Avogadros løsning blir borte. Like misvisende er den videre fremstilling. Om Cu_2S sies det at 32,1 vektenhet svovel forbinder seg med 63,6 vektenhet

kobber (istedenfor 127,2). Alt dette kan ikke være trykkfeil. Det virker som om forfatterne kjenner fasiten, men er svært usikre på argumentasjonen.

Om oksydene av nitrogen heter det at produktet av reaksjonen mellom nitrogenoksyd (NO) og luft kalles dinitrogenoksyd med formel N_2O. Navnet nitrogenoksyd er forøvrig brukt om lystgass (N_2O) et annet sted.

Disse feilene kan kanskje ansees som bagatellmessige, men de vil sikkert virke forvirrende på gymnasiaster. Værre er det at boken bærer lite preg av den innsikt i struktur og bindingsforhold vi har fått i løpet av de siste decennier. Når det er over 50 år siden røntgenkrystallografiens fødsel, er det eiendommelig at man her kan lese at bordsalt består av NaCl-molekyler hvor ett natriumatom er bundet til ett kloratom. (Na og Cl er bundet sammen arm i arm og det er ingen arm fri som kan knytte forbindelse med ett atom til.) Denne feilaktige oppfatning er temmelig seiglivet, og den har vel sin opprinnelse i at man ut fra en støkiometrisk formel mener å kunne slutte noe om bindingsforhold.

En tilsvarende misoppfatning gjør seg gjeldende når man ut fra en reaksjonsligning slutter noe om reaksjonsmekanismen. Om dannelsen av vann ut fra grunnstoffene (reaksjonsligning $2H_2 + O_2 = 2H_2O$) påståes i boken at begynnelsesformen er H_4O_2 «siden 2 hydrogenmolekyler og 1 oksygenmolekyl deltar i reaksjonen». I dette tilfellet er ikke mekanismen enda klarlagt, men primært dannes sikkert fri atomer.

Ytterligere feilaktige påstander er følgende. I en sukkerart er hydrogen*ioner* og hydroksyl*ioner* bundet til en kjede av karbonatomer. I en strukturformel har et karbonatom 5 valensstreker. Nitrogen hevdes å kunne være kovalent femverdig. Valensbegrepet er forøvrig blitt så flertydig etter hvert at det burde forvises fra læreboklitteraturen.

I det hele tatt finner man i denne boken en forvirrende sammenblanding av forrige århundres og moderne oppfatninger. Det er synd at fremstillingen av dette fascinerende stoffet blir skjemmet på denne måten. En vesentlig grunn til den ubalanserte behandling må være at ingen av de to forfattere er kjemiker, men henholdsvis fysiker og journalist. Antagelig har journalisten fått overlatt kjemien. Det heter nemlig i forlagets presentasjon at han etter avsluttet kjemiutdannelse tok eksamen i 1935.

Einar Wang Lund.

D. I. Blokhintsev: Quantum Mechanics. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland 1964, 535 sider, pris 53 fl. Oversatt fra den russiske 4. utgave, Moskva 1963.

Innføringen i kvantefysikken faller alltid vanskelig for studentene. Kan hende er grunnen at i de aller fleste fremstillinger legges den største vekt på den matematiske formalisme mens de fysikalske forhold, og særlig tilknytningen av teorien til eksperimentelle undersøkelser blir uteglemt.

Blokhintsev gjør i sin bok et forsøk på å binde teorien nærmere til eksperimenter enn det som er vanlig for en bok som når opp til et så vidt avansert nivå som denne; et forsøk som stort sett faller heldig. ut. I den første delen av boken er det lagt vekt på de eksperimentelle anvendelser, med mange og svært klare eksempler. Her vil leseren få et klart billede av de fysikalske prosesser som behandles og forhåpentlig også en forståelse av sammenhengen mellom mekanismen i en prosess sett ut fra eksperimentet og den matematiske formulering av prosessen. Fra kapitel 15 og utover går imidlertid boken over til å bli en tradisjonell lærebok i teoretisk fysikk. Her gjør forfatteren etter anmelderens mening få forsøk på å gi leseren en forståelse av fysikken bak den matematiske formalisme. Likevel er også denne delen av boken klart og godt skrevet, og boken er som helhet betraktet en utmerket lærebok i kvantemekanikk.

De deler av boken der forfatteren polemiserer mot «københavnerinterpretasjonen» av kvantemekanikken er av liten verdi som diskusjonsinnlegg for Einsteins syn og kunne med fordel ha vært utelatt.

Haakon Olsen.

A. B. Arons: Development of Concepts of Physics. Addison-Wesley Reading, Mass. 1965, 972 sider, pris kr. 106,—.

Mange av oss har vel fra tid til annen ønsket å ha for hånden en oversiktlig fremstilling av fysikkens historie. Grunnen kan være at en har hatt lyst til å få vite mer om menneskene bak de navn vi kjenner så godt fra deres bedrifter i fysikken, eller grunnen kan være at en vil undersøke nærmere enkelthetene ved et eksperiment eller en teori. Med den flom av mer eller mindre vellykte lærebøker i fysikk som kommer hvert år, er det stadig oftere nødvendig å gå tilbake til kildene for å finne ut hvilke læreboksforfattere har misforstått hva.

Arons bok er en blanding av lærebok i fysikk og lærebok i fysikkens historie med vekten lagt på historien. Kan hende ville forfatteren ha vunnet noe om han hadde lagt mer vekt på historien; boken makter likevel ikke å gi noen fullgod innføring i fysikk. Boken gir stort sett en god fremstilling av de viktigste begivenheter i fysikken fra Galilei til den tidligste periode av kvantefysikken. Det mest verdifulle ved boken er de mange sitater fra originalarbeider som forfatteren her har samlet. På enkelte punkter er fremstillingen noe ufullstendig, særlig når en fysiker som Bartholinus, dobbeltbrytningens oppdager er utelatt. Det må likevel sies at forfatteren har lagt ned et betydelig arbeide i forberedelser og fremstilling, og at boken vil bli av stor nytte både for den som vil lese den som historiebok og for den som vil benytte den som oppslagsbok.

Haakon Olsen.

K. J. Dean: Transistors, theory and circuitry. McGraw-Hill Co. Ltd., London 1964. 252 + xii sider, 35/— sh.

Ifølge forfatteren er boken blitt til som resultat av erfaringer gjort ved undervisning i elektronikk, særlig da i transistor kretsteknikk. – Fra et kort innledningskapitel om halvlederfysikk og et om transistortyper og -karakteristikker går han over til behandling av de enkelte kretstyper som lav- og høyfrekvensforsterkere, oscilatorer, kraftforsyninger (her kommer også dioder, zenerdioder med), og lignende. I hvert kapitel begynnes med en kort forklaring av virkemåte og karakteristiske trekk ved vedkommende krets, enkelte beregninger med beskjedne matematiske krav, og senere gis og beskrives en del eksempler hvor transistorens rolle er den dominerende. Som avslutning gis øvelsesoppgaver (tildels fra tidligere eksamensoppgaver) og litteraturhenvisninger for dem som vil lese mer om de enkelte emner. Henvisningene går helt opp til 1964. I tre «appendix'er» er samlet omregningformler for parametre, impedanser o. l. og analyse av negativ tilbakekobling. Et oversiktlig index avslutter boken.

Forfatteren har tydelig lagt vekt på å lage en bok som kan være til praktisk nytte ved planleggings- og laboratoriearbeidet. Tabeller, utregnede komponentverdier, grunnkretser med variasjoner for spesielle formål o. l. gir boken like meget preg av å være en håndbok som lærebok. Den er beregnet som lesning til de engelske Degrees, Dip, Tech., Grad. IEE o.s.v. og den kan trygt anbefales lesere av tilsvarende kategorier hos oss. Forlagets navn borger for bokens høye kvalitet hvad angår trykning og innbinding.

Halvard Torgersen.

«Kosmos» 1964.

Periodiske publikasjoner som bringer populærvitenskapelig orientering, eller oversiktsartikler beregnet på ikke-spesialister, arbeider ikke alltid like lett. Og fra tid til annen kan man bli vitne til nokså intense diskusjoner om hvordan virksomheten bør legges an. En publikasjon i denne bransje, som aldri har vanskeligheter med å vekke interesse, er Svenska Fysikersamfundets årbok «Kosmos». Det bind som her foreligger, er på 174 sider og inneholder 10 artikler av varierende lengde.

Boken søker å gi informasjon om nyvinninger innenfor fysikken og dens anvendelser, og da i en slik form at stoffet i alle fall er tilgjengelig for den som har utdannelse i fysikk på universitetsnivå. Men mye vil også kunne leses med utbytte på grunnlag av forkunnskaper som svarer til realartium.

«Kosmos» inneholder årvisst en redegjørelse i forbindelse med den siste utdeling av nobelpris i fysikk. Denne gang dreier det seg om 1964 års pris som ble utdelt for «grunnleggende arbeider innenfor kvanteelektronikken, som har ledet til framstilling av oscillatorer og forsterkere etter maser (laser)-prinsippet.» Vi har her å gjøre med en fascinerende utvikling som det i den korte artikkelen bare har vært mulig å gjennomgå summarisk.

De andre artiklene bringer også meget aktuelt stoff. Det er ikke mulig her å gå inn på hver enkelt av dem, men for å gi et bilde av bokens aktualitet skal nevnes noen av de problemer som blir behandlet.

En artikkel omtaler eksperimenter utført i den hensikt å prøve den alminnelige relativitetsteori. Dette er et arbeidsområde som i de siste år har tiltrukket seg økende interesse. Videre blir bl. a. følgende temaer tatt opp: Elektronmikroskopiens aktuelle situasjon og utviklingsmuligheter, biologisk strålevirkning, fargetelevisjon, brenselsellen.

Alle problemer er behandlet greit og lettfattelig, og boken som helhet anbefales på det beste til alle som ønsker å følge så noenlunde med i den rivende utvikling som i dag foregår innenfor den rene og den anvendte fysikk.

Njål Hole.

Donald R. Griffin: Å se med hørselen. Oversatt av Jørgen Randers. Cappelens Realbøker 1965. 123 s. Kr. 11,00.

Temaet for denne populærvitenskapelige boken er meget fascinerende. Ut fra en rekke eksperimenter beskrives den evne noen dyr og i en viss utstrekning også mennesket har til å danne seg et bilde av omgivelsene, dels på grunnlag av den lyd omgivelsene genererer og dels på grunnlag av den lyd de selv sender ut og som kastes tilbake fra omgivelsene. Dyr som niser og ikke misnt flaggermus kan orientere seg ved hjelp av ekko, og deres ferdigheter er mildest talt imponerende. Teknikken har i senere tid tatt i bruk analoge metoder ved sonar og radar, – hvis virkemåte også blir beskrevet i boken. Videre blir de blindes orienteringsproblemer viet stor oppmerksomhet.

Forfatteren skulle ha de beste forutsetninger for å behandle emnet, idet han og hans medarbeidere er ansvarlig for det meste av vår viten om flaggermusens ekko-orientering.

Fremstillingen kan til sine tider virke noe omstendelig. På den annen side skulle det ikke være store muligheter til å falle av lasset, selv for lesere uten akustiske forkunnskaper, – og eksperimentlystne lesere oppmuntres til selv å gjøre sine erfaringer. For denne leserkrets kan boken derfor trygt anbefales. For lesere med en smule akustiske forkunnskaper ville en langt mere konsentrert fremstilling ha vært fyldestgjørende.

Magne Kringlebotn.

Hannes Alfvén: Atomet–mennesket–universet. Cappelens realbøker. 119 s.

Dette er ein pretensiøs tittel for ei så lita bok, men professor Alfvén har uvanleg gode føresetnader til å spenne over dette vide emnet. Han greier først ut om

arbeidsmetodane i naturvitskapleg forskning og går så over til eit oversyn over dei kunnskapane som ligg til grunn for eit moderne naturvitskapleg verdsbilete. Vi lærer om oppbygginga av materien fra elementærpartiklar, atomkjerner, atom, molekyl og krystallar, og om oppbygginga av planter og dyr ved molekyl og celler. Ein fysikar vil nikke gjenkjennande til det meste av dette, men vil kanskje spørje om ikkje tileigninga av stoffet ville bli lettare med nokre få figurar. Med den kjemisk-biologiske delen dokumenterer forfattaren solide kunnskapar også på dette området, etter det ein utanforståande kan sjå.

Eit avsnitt om samfunnsdanning drar mange interessante parallellar mellom fleire fenomen, at elementærpartiklane sameinar seg til atom, atoma til molekyl, molekyla til celler og celler til fleircella individ. I alt dette kan ein sjå ein tendens mot større stabilitet. Forfattaren tar ein klok reservasjon når han nyttar same prinsipp for menneska si samfunnsdanning, han åtvarar mot konklusjonar på grunnlag av analogiar. Men er han ikkje for optimistisk når han spår heile verda vil bli sameint til ein stat allereide om eit par generasjonar; fordi, som han seier, den nåverande oppdelinga i statar er ustabil?

I eit anna kapittel får vi eit oversyn over dei nyaste teoriane for opphavet til galaksene, stjernene, planetane og månen. Både dette vanskelege emnet og andre er greitt og klart framstilt. Forfattaren vender seg til eit stort publikum, men ein bør vel ha realartium for å ha fullt utbytte av boka. Ingeniørar og realkandidatar som vi sjå fagområdet sitt i ein større samanheng bør lese boka. Omsetjinga er god.

T. Riste.

Pär Bergvall: At studera fysik. Svenska Bokförlaget, Norstedts, Stockholm 1965. 68 sider, pris 19,80.

Det er utvilsomt en stor del av studentene som påbegynner sine studier ved våre universiteter og høgskoler med et noe feilaktig inntrykk av hva fysikk er. Jeg tror det er en nokså utbredt oppfatning at fysikk er en slags matematikk, og at de noe mangelfulle modeller i lærebøkene er blitt tatt altfor bokstavelige, for å nevne et par av de mest alminnelige missforståelser. Hva nå grunnene til disse missforståelsene kan være, skal jeg ikke komme inn på her. Men de fleste vil vel være enig med meg i at disse feilaktige oppfatningene representerer et ikke lite problem.

Av den grunn må dosent Bergvalls lille bok hilses med en spesiell glede. Den er nemlig ikke bare en lærebok i studieteknikk, men den gir også en kortfattet innføring i hva fysikk står for og hvordan fysikeren arbeider.

Boken er i første rekke myntet på svenske studenter som skal påbegynne sine studier ved universitet og høgskole. Dette medfører selvsagt at en del av stoffet ikke har gyldighet for norske forhold. Avsnittene om Akademisk Civilingenjörutbildning og Studier för tre betyg och högre examen, har selvsagt ikke så stor interesse for oss.

Men mesteparten av boken behandler generelle problemer, og så lenge det ikke eksisterer en tilsvarende bok på norsk, kan denne absolutt anbefales.

De listene med bøker som er ført opp for utfyllende lesning, er for det meste temmelig mangelfulle og tilfeldige.

Jostein Knutsen.

R. Dobos: Louis Pasteur. Oversatt av P. A. Hartun, kr. 10.50
S. D. Henriksen: Immunitet. Kr. 12.—.
I. Asimov: Blodet, livets elv. Oversatt av J. Setekleiv. Kr. 12.80.
L. C. Dunn/Th. Dobzhansky: Arv, rase og samfunn. Oversatt av M. Hvatum. Kr. 12.50.
Freud: Psykoanalysen. Oversatt av W. Brøgger. Kr. 11.—.

I serien Cappelens Realbøker finnes det mange bøker velegnet for fysikere som vil orientere seg også utenfor sitt fagområde. Bøkene ovenfor gir en vederheftig og grundig kvalitativ innføring i interessante områder av både kropp og sjel.

Dubos gir en levende og sympatisk skildring av Pasteur, personen selv, hans arbeid og personer omkring han. Pasteur var ikke bare en dyktig og allsidig vitenskapsmann, men han hadde også evnen til å omsette sin viten i praktiske anvendelser. Mest kjent er vel pasteuriseringen som han først tok patent på, men som han senere av etiske grunner ga fri selv om dette betød et stort økonomisk offer for en familiefar som satt heller trangt i det.

Professor Henriksen ved Rikshospitalet begynner også sin bok med en omtale av Pasteur som immunitetsforskningens far. Videre beskrives de forskjellige typer immunitet og antistoffer og deres virkninger og bivirkninger. Det hele er et komplisert samspill av mange faktorer, og meget av teorien for antistoffenes dannelse og virkninger er ennå sterkt preget av gjettinger.

Asimov's bok er spekket med «facts». Det merkes at Asimov er en dyktig «profesjonell» populærvitenskapelig forfatter som kan redigere sitt stoff og uttrykke seg klart og greit. Til gjengjeld blir noe av den friskheten borte som det er over for eksempel boken om Pasteur. Boken starter fra begynnelsen med blodsystemets utvikling fra de enkelste innelukker med sjøvann i små flersellede organismer til pattedyrenes innviklete og mangesidige transportsystem for surstoff, næring, avfallsprodukter, hormoner og alle de andre

stoffer som trengs rundt i kroppen. De forskjellige oppgavene blodet har, måten de er løst på og de feil som opptrer blir etter tur grundig gjennomgått.

Dunn og Dobzhansky forteller hvorfor menneskene alle er forskjellig, men allikevel så like. Virkningene av både arv og miljø diskuteres. I denne forbindelse behandles emner som kriminalitet og rasefordommer. Det slåes fast hva en vet og hva en vet ikke er tilfelle når det gjelder raseforskjeller. Freud har alle hørt om. Her kan en nå for en billig penge få greie på hva Freud selv mente. Boken er en oversettelse til meget godt og lettflytende norsk av de fem foredragene han holdt ved sitt store gjennombrudd i USA i 1909 og av hans avsluttende oversikt over psykoanalysens stilling i 1938.

Første del har en ivrig muntlig stil og forklarer lettfattelig grunnprinsippet i psykoanalysen og hvordan den oppsto. I annen del er tonen mer nøktern og vitenskapelig. Der analyseres konfliktene mellom de tre hovedfaktorene, det'et, overjeg'et og ytterverdenen, som påvirker jeg'et.

F. Bakke.

T. S. Littler : The Physics of the Ear. London, Pergamon Press, 1965. 378 s.

Tredje bind i Pergamon Press' International Series of Monographs on Physics, T. S. Littler: The Physics of the Ear, er den første større bok om dette emne som er beregnet spesielt på et fysiker-publikum. Det er derfor med adskillig forventning og spenning man åpner denne boken.

Det første som slår en, er at boken dekker et langt videre felt enn det tittelen gir uttrykk for; og en tittel som f. eks. «Hearing» ville være mer dekkende for bokens innhold. Dette er imidlertid ingen innvending mot boken, idet emner fra nevrofysiologi, medisinsk og teknisk audiologi osv. vil være nødvendig støtte-stoff for en fysiker som studerer ørets fysikk. Men når forfatteren har lagt så stor vekt på å få med mest mulig av slikt støtte-stoff at ørets fysikk har vært nødt til å nøye seg med en framstilling som ikke pløyer vensentlig dypere enn tidligere bøker om hørsel, som er skrevet for ikke-fysikere, da kan man ikke annet enn gi uttrykk for skuffelse. Boken gir en introduksjon i emnet, men er ingen dyptpløyende framstilling av audio-fysikken.

Likevel er, – dessverre må man vel ha lov å si –, denne boken den beste man har i emnet audio-fysikk. Og ikke bare det, den er faktisk den eneste bok man i dag kan henvise en fysiker, som ønsker en introduksjon til audio-fysikken, til. De andre bøkene som eksisterer er enten så gamle at de er totalt foreldet, eller de bærer alt for sterkt preg å å være skrevet for et annet publikum, dvs. medisinere eller sanse-psykologer. Vi må derfor være glade for at vi har fått denne boken. Den gir en introduksjon i de emner en audiofysikk-student i første rekke må sette seg inn i: Hørsel-organets anatomi og fysiologi, en oversikt over de vesentligste psyko-akustiske relasjoner, og en elementær innføring i ørets mekanikk.

For videre studier kan 17 sider med referanser være til nytte. Dog synes utvalget av referanser til sine tider temmelig forbausende, som når han i avsnittet om mellomøre-musklene kun refererer til Politzer (1864) og Simmons (1959) ved siden av Wever & Lawrence. Det virker jo også noe merkelig at en bok om et så «nytt» fagområde som audiofysikk har en referanse-liste der over 40 % av referansene stammer fra tiden før den annen verdenskrig. Referansene er derfor ofte mer egnet for en student som er interessert i audiofysikkens historie, enn for en som vil benytte referansene til å få innsikt i vår tids kunnskap på området.

Til slutt bør det nevnes at det stoff som er tatt med, behandles på en grei og oversiktlig måte med et meget hensiktsmessig utvalg av figurer. Framstillingen er så elementært lagt opp at boken sikkert vil få et stort og takknemlig publikum utenfor fysikernes rekker; medisinere, psykologer og nevrofysiologer.

Kjell Gjævenes.

*
* *

Innholdsfortegnelsen

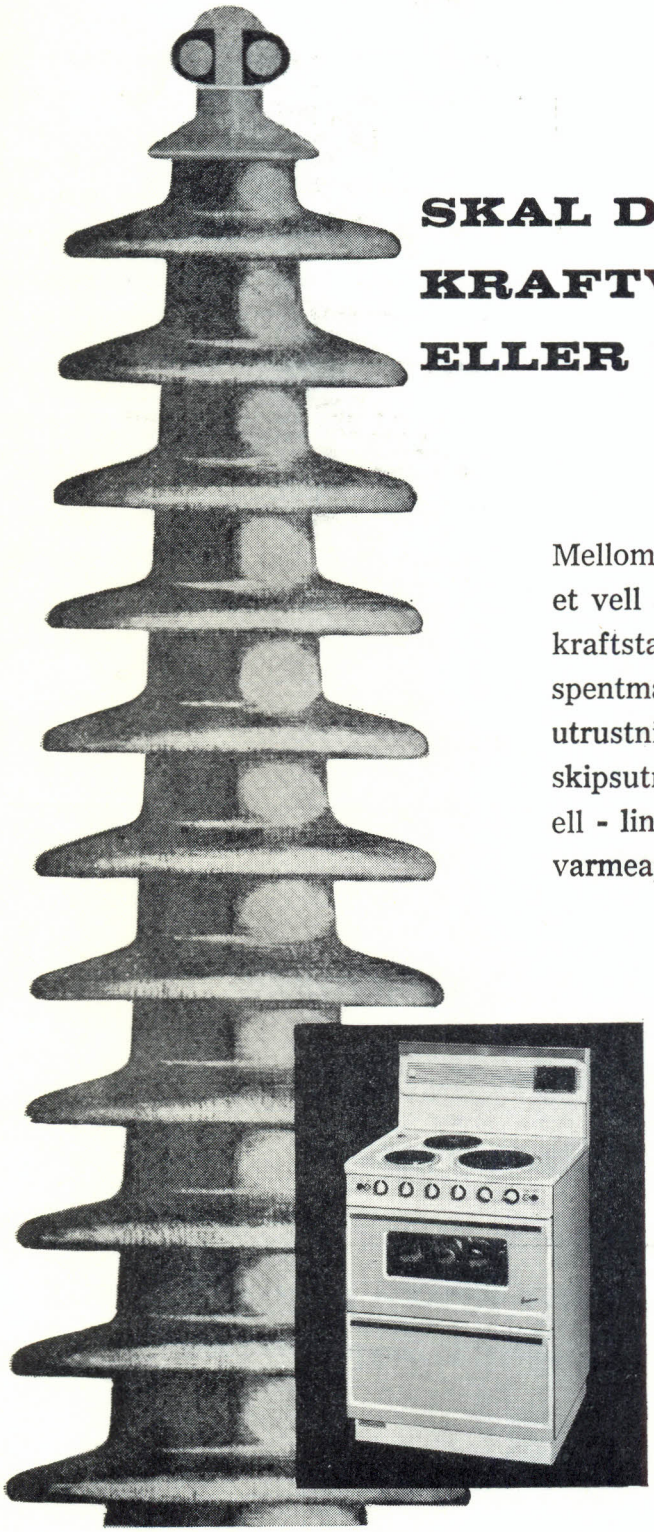
og

forfatterregisteret

kommer

i neste hefte!

* *
*



SKAL DET VÆRE ET KRAFTVERK ELLER EN KOMFYR?

Mellom disse to ytterpunkter leverer vi et vell av produkter: Utrustninger for kraftstasjoner. Transformatorer - høyspentmateriell. Elektromotorer - motorutrustninger. Industri-ovner. Elektriske skipsutrustninger. Installasjonsmateriell - linjemateriell. «Elektra» koke- og varmeapparater.

A/S Per Kure

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Sverre Westin

Styre: Professor dr. Njål Hole
Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Aadne Ore
Professor dr. Harald Trefall

Selskapets sekretær: Ingerid Woldhaug,
Fysisk Institutt, N. T. H.,
Trondheim

Postgirokonto: 88388 **Bankgirokonto: 236880 - 285**

Fra Fysikkens Verden

Redaktør: Professor dr. Haakon Olsen, N. T. H.

Redaksjonskomite: Rektor Finn Berntsen, Sverresborg skole, Trondheim.
Universitetslektor Wilhelm Løchstøer Universitetet, Blindern.
Dr. philos. Tormod Riste, Institutt for Atomenergi, Kjeller.
Professor Steingrim Skavlem, Universitetet i Bergen.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN, Genéve.

Problemspalten: Siv.ing. Richard R. Solem, N. T. H.

Teknisk medarbeider: Laboratorieing. Halvard Torgersen, N. T. H.

Annonser: Laboratorieing. Halvard Torgersen, N. T. H.

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

Ekspedisjonens adresse: Fra Fysikkens Verden,
Fysisk Institutt, N. T. H. Trondheim.

Postgirokonto: 10472 **Bankgirokonto:** 236545-28

GYMNASIASTER OG STUDENTER!

Dere kan få

Fra Fysikkens Verden

til redusert pris: kr. 10,— pr. år.

Abonnement kan tegnes enten ved postverket

eller ved direkte henvendelse, se adressen ovenfor.

Aktietrykkeriet i Trondhjem