

Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Jonatan Aars - 70 år	69
Tale ved Universitetets Minnehøjtidelighed for Professor Niels Bohr	70
Termisk stråling fra månen og overflatens struktur	73
Sigurd Einbu	80
Virkning av ultrafiolett stråling på celle- membraner	82
Den nordiske konferansen i fast- stoff-fysikk	86
Bøker	87



Førsteamanuensis Jonatan Aars

Nr. 4 - 1966
28. årgang

Vi er enerepresentant i Norge for disse verdens- kjente firmaer:



HEWLETT - PACKARD

leverer måleutstyr fra DC til
R-bånd.



RHODE & SCHWARZ

leverer HF-, VHF-kommunika-
sjonsutstyr samt måle-
instrumenter.



TEKTRONIX INC.

leverer oscilloskop og
kalibreringsutstyr.

Kontakt oss:



Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 4 - 1966

Redaktør: HAAKON OLSEN

28. årgang

JONATAN AARS

70 ÅR

Den 17. desember fyller førsteamanuensis Jonatan Aars 70 år, og fra nyttår går han fra borde etter 40 år i norsk fysikkens tjeneste. I undervisningen og instituttarbeidet ved Fysisk Institutt ved Universitetet i Oslo har han vært en markant personlighet, og han har vel knapt selv tall på alle de hovedfagstudenter i fysikk som har gått gjennom hans laboratoriekurs i fysikk. Det må vel være omtrent alle nulevende fysikere med utdannelse fra Universitetet i Oslo.

Aars' forskningsvirksomhet er falt innen området spektroskopi og gassutladningsfysikk, et emne som er stadig aktuelt og som opptar ham sterkt fremdeles. I 1930—31 oppholdt han seg ved det verdenskjente fysiske institutt i Göttingen, et opphold som ble ham til stor inspirasjon og glede, selv om han siden her hjemme neppe fikk de arbeidsmuligheter han burde hatt. Til hinder for dette stillet undervisningsbyrdene og den aldri sviktende pliktfølelse overfor instituttet og studentene seg. Aars har satt markante spor etter seg på alle de områder han har fått utfolde seg. I tjenestemannsorganisasjonene har han i en lang årekke, helt frem til idag, nedlagt et kjempearbeid, og ved Fysisk Institutt var han også formann i fysikkseksjonen i mange år. Dette var i en periode med en rivende utvikling ved instituttet, og han var i alt dette en av de som sterkest medvirket til sikring av de vitenskapelige tjenestemanns arbeidsvilkår og medbestem-

melsesrett ved universitetet, et arbeid som har båret rike frukter. Han er helt til sin avskjed tjenestemannenes representant i Det Akademiske Kollegium. Han har også nedlagt seg store fortjenester på andre områder. Særlig bør kanskje nevnes hans arbeid med standardiseringsproblemer, der hans innsikt som fysiker og store nøyaktighet har vært av uvurderlig nytte. Også Norsk Fysisk Selskap og Fysikkforeningen i Oslo, såvel som dette tidsskrift, har trukket veksler på Aars' usvikelige interesse og arbeidskraft. For sin store innsats for norsk fysikk ble Aars i 1956 tildelt Kongens fortjenestemedalje i gull.

For oss som kom til Fysisk Institutt som unge studenter og assistenter var Aars en institusjon og et fastmerke i en ny og spennende tilværelse. Hans vennlige hjelpsomhet svikter aldri når problemene oppstår, enten de er av vitenskapelig, pedagogisk, organisasjonsmessig eller annen, praktisk natur. Nettopp fordi det er blitt så selvfølgelig og daglig har vi kanskje ikke fått gitt uttrykk for vår takknemlighet på en adekvat måte.

La meg herved få rette en takk fra Norsk Fysikk, fra Fysisk Institutt og fra hans tallrike elever og venner. Vi ønsker ham fortsatt mange arbeidsår, til glede både for ham selv og oss som ikke bare regner oss som hans kolleger, men også som hans venner.

Anders Omholt.

Tale ved Universitetets Minne-
højtidelighed for
Professor Niels Bohr

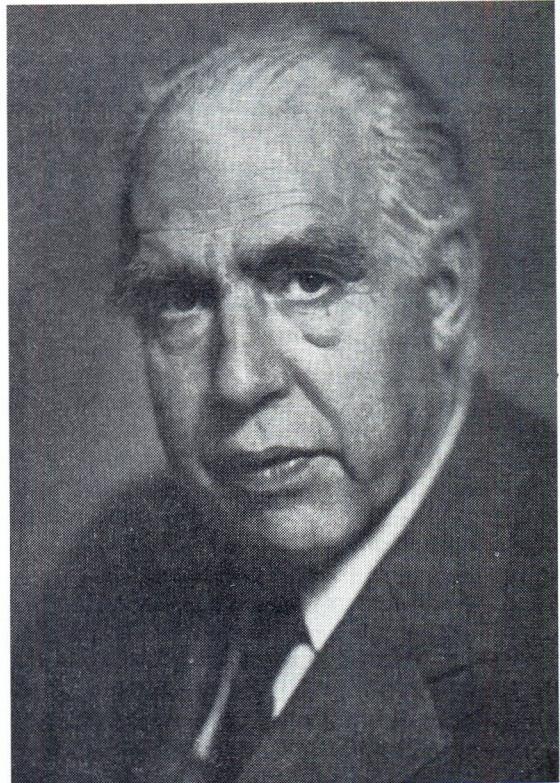
torsdag d. 7. oktober 1965

L. Rosenfeld.

Kaster man et blik tilbage på filosofiens historie, er det påfaldende, i hvor høj grad ikke alene de filosofiske systemers indhold, men hele tænkningens orientering har været bestemt af naturvidenskabens fremgang. Navnlig i det 19de århundrede skete der en betydelig forskydning i vurderingen af den traditionelle filosofis forskellige grene. Den strenge videnskabelige metode kunne udvides til emner, der hidtil syntes utilgængelige: de levende organismers og de menneskelige samfunds udvikling. Derved trængtes alt det aprioristiske og spekulative tilbage, som man havde ment at være uundværligt i disse områder, og til gengæld voksede interessen for erkendelsesteorien, hvis opgave jo er at udforske den rationelle tænknings lovmæssigheder og derved skabe muligheden for at kontrollere dens rigtige anvendelse.

Denne tendens blev endnu mere udpræget i vort århundrede, især som følge af den fysiske forsknings vældige fremstød både i retning mod det uendelig store — de kosmologiske problemer — og det uendelig små — atomernes og atomdelenes opbygning. Sådanne studier har givet anledning til en i fysikkens historie enestående fremhævelse af den erkendelsesteoretiske side af problemerne. De erfaringer, som man har gjort inden for de nævnte områder, afviger jo så stærkt fra vore vante forestillinger, at de i den hidtidige fysik ukritisk anvendte begrebsbygninger ikke længere kunne tilpasses til de nye situationer, men svigtede på væsentlige punkter. Det første, meget lærerige eksempel i så henseende, var problemet om beskrivelsen af optiske fænomener i bevægede systemer, et problem som end ikke de største mestre havde kunnet magte, men som blev løst af Einstein, da han indså, at vanskeligheden var af erkendelsesteoretisk karakter.

Einstiens opmærksomhed var blevet henledt på betydningen af epistemologiske betragtninger i fysikken gennem Ernst Machs dybsindige analyse af de fysiske begrebers historiske op-



rindelse. Mach havde især peget på den omstændighed, at alle vore begrebsdannelser til syvende og sidst går tilbage til sanseindtryk; vil man derfor bedømme anvendelsen af sådanne begreber på fænomenernes beskrivelse, må man nøje undersøge, hvordan man udfra almindelig erfaring danner sig en forestilling om de pågældende fænomeners forløb. Sådanne «tankeeksperimenter»s betydning for den erkendelsesteoretiske analyse havde Mach illustreret ved talrige eksempler fra fysikkens historie. Men bedre eksempler på denne metodes anvendelse finder man ikke end i Einsteins store livsværk og Bohrs mægtige indsats, der har fornyet vort syn på de fysiske teoriens indre sammenhæng og skabt grundlaget for et verdensbillede, der rummer såvel de fjerneste galakser, vi skimter med vore største teleskoper, som de mindste fragmenter, i hvilke atomkerne-stoffet splittes i vore kæmpeacceleratorer.

Allerede da Niels Bohr som ung forsker formulerede de berømte postulater, hvorpå hele atomteorien hviler, var det ham ganske klart, at han stod foran et dybt erkendelsesteoretisk problem. Han betragtede det som en stor lykke, at den Rutherfordskes atommodel ifølge de klassiske teorier var så aldeles uforenlig med atomernes stabilitet: denne skarpe modsigelse, som

Dr. Leon Rosenfeldt er professor ved NORDITA, København,

ville drive andre til fortvilelse, blev ham til opmuntring, idet han forstod, at den pegede på en præcisel begrænsning af de klassiske teoriens gyldighed, som det slet ikke gjaldt om at omgå, men snarere om at give præcis udtryk ved hjælp af dertil egnede, ikke-klassiske begreber. Det rette begreb erkendte han i det af Planck opdagede universelle virkningskvantum; Bohrs postulater udtrykker netop den stabiliseringe rolle, som virkningskvantet spiller i atomprocesserne. Denne formulering er så træffende, at den i generaliseret skikkelse stadig danner rammen for fremstillingen af hele den brogede mangfoldighed af reaktioner og omdannelser i den atomare og subatomare verden. «Netop fordi modsigelserne var så store», plejede Bohr at fortælle, «havde jeg ikke den mindste tvivl om, at postulaterne var rigtige. Der var jo ingen anden udvej; løsningen fremgik entydigt af situationen».

I denne udtalelse har vi en af hovedlinierne i Bohrs tænkemåde: søgen efter entydighed. Det første spørgsmål han stillede, når han greb et nyt problem, var altid: hvilke entydige oplysninger kan vi få af erfaringerne? Hans fremgangsmåde var da omhyggeligt at samle og afveje «argumenter» (dette var et af hans yndlingsudtryk). Kun den med streng logik gjenemførte induktion fra eksperimenterne kunne tilfredsstille ham; han var ganske uanfægtet af matematisk elegance, endsige af skolefilosofiske almindeligheder. I uafklarede situationer bavarede han et åbent sind og formandede os til altid at «være forberedt» på det uventede. Men han var aldrig så lykkelig, som når der dukkede et argument op, der klart pegede mod en bestemt slutning som den eneste, der var forenelig med de givne kendsgerninger.

Det var i denne ånd, at han trængte ind på livet af problemet om kvantemekanikkens logiske opbygning, og det lykkedes ham også virkelig at drive analysen til det punkt, hvor problemets entydige løsning åbenbaredes. Når vi prøver at gøre rede for de atomare fænomener ved hjælp af de sædvanlige fysiske forestillinger, støder vi på en ejendommelig begrænsning i anvendelsen af disse forestillinger: det viser sig, at forskellige aspekter af processerne, som for eksempel deres lokalisation i rum og tid og deres impuls- og energibalance, ikke kan forenes i en samlet beskrivelse; de udelukker hinanden i den forstand, at jo mere vi præciserer beskrivelsen af den ene side af fænomenet, jo mindre nøjagtig bliver udredningen af den anden. Omfanget af denne gensidige begrænsning er bestemt af virkningskvantet. To aspek-

ter, som står i et sådant udelukkelsesforhold til hinanden, kaldte Bohr komplementære.

At klarlægge betydningen af dette komplementaritetsforhold var en erkendelsesteoretisk opgave, som førte Bohr helt tilbage til selve spørgsmålet om forholdet mellem vores forestillinger og de iagttagne fænomener. Bohr greb straks til den eneste metode, der kunne belyse spørgsmålet: ved hjælp af sindrige tankeeksperimenter undersøgte han, hvordan de for komplementære aspekter karakteristiske størrelser principielt kan bestemmes og kom derved på sporet af de gensidige begrænsninger, som fastlæggelsen af disse størrelser er underkastet. Her spiller atomprocessernes udelelighed en afgørende rolle: processen er kun velfdefineret, når den har fået sin afslutning derved, at den har efterladt et eller andet mærke i et registreringsapparat, der udgør en del af måleopstillingen; for eksempel kan en partikel lokaliseres ved et mærke, den frembringer på en fotografiplade. Nu viser en nærmere undersøgelse, at det irreversible element som ved denne registrering indføres i måleprocessen, netop forhindrer kontrollen over det komplementære aspekt i det forventede omfang. Således blev på den smukkeste måde komplementaritetsforholdene i kvanteteknikken påvist som et logisk nødvendigt træk af teorien, der på det næjeste var knyttet til virkningskvantets eksistens.

Komplementaritetens grundlæggende understregede samtidigt uundværligheden af en anden, dermed sammenhængende fundamental egen-skab ved den kvantemekaniske beskrivelses-måde, nemlig dens principielt statistiske karakter. Den klassiske fysiks determinisme, der så længe havde været anset for ligefrem den ideelle form for kausalitet, måtte nu degraderes til en blot tilnærmelse, hvis gyldighed er betinget af virkningskvantets lidenhed under sædvanlige forhold. Til gengæld passer den statistiske kausalitetsform meget smukt ind i den opfattelse af fænomenernes helhed, og deres definition ved hjælp af måleopstillinger, som danner grundlaget for komplementaritetens forståelse: det er jo statistisk set en selvfolgelighed, at sandsynlighedsudsagn kun har en bestemt mening, når alle de forudsætninger, hvorpå de er baseret, omhyggeligt specificeres; og det er ligeså indlysende, at sådanne udsagn tager en hel anden form, så snart forudsætningerne ændres, som for eksempel hvis man går over til betragtningen af et komplementært aspekt. Således viser komplementaritet og statistisk kausalitet sig at kunne forenes til en logisk helhed i skønneste harmoni.

Det fortjener her at bemærkes, at hele den analyse, som jeg har prøvet at sammenfatte på enkelte minutter, men som det tog år af tålmeldighed og ihærdig overvejelser at fuldende, udelukkende opererer med rent fysiske begreber, og ikke på noget punkt — i modsætning til en forkert opfattelse, der endnu ikke er helt uddød — appelerer til sanseindtryk eller psykiske processer hos den menneskelige iagttager. Ganske vist er disse processer et højest fængslende undersøgelsesobjekt, men de må absolut holdes udenfor, hvis man vil undgå håbløs forvirring. For komplementaritetsforholdene er det jo ligegyldigt, om der overhovedet findes en iagttager, der aflæser måleapparaterne: det eneste, der kræves, er, at disse apparater ganske automatisk registrerer resultatet af deres vekselvirkning med det undersøgte system.

Dog må der i enhver erkendelsesteoretisk betragtning komme et punkt, hvor mennesket dukker op og forlanger sit pund kød: sagen drejer sig jo om menneskelig erkendelse og menneskelig tænkning. Her møder vi straks i største almindelighed spørgsmålet om selve naturvidenskaberne væsen og formål; ikke mindst ved dette spørgsmåls drøftelse fremførte Bohr meget betydningsfulde tanker. Han fremhævede de videnskabelige begrebbers rolle som meddelelsesmidler, der skal sikre entydigheden og objektiviteten af de meddelte oplysninger: disse krav kan kun opfyldes ved at henføre begreberne, enten direkte eller indirekte — ved hjælp af egnede måleopstillinger — til vore daglige, umiddelbare erfaringer. Fra dette synspunkt fremtræder komplementariteten som et aldeles uundværligt led i begrebbsbygningen, der gør det muligt uden modsigelse at bruge de klassiske forestillinger ved meddelelser angående atomare processer, der ikke hører til vor direkte erfaring. Komplementariteten får herved så at sige et evighedsstempel: for uanset hvor gennemgribende forandringer og uddybelse vort kendskab til den subatomare verden i fremtid vil undergå, vil vi stadig stå

overfor meddelelsesproblemet, og dermed også komplementariteten.

Behøver jeg nu at sige, at denne sidste bemærkning ikke bør opfattes som antydning om nogen dogmatisk «komplementaritetsfilosofi»? Meningen er lige den modsatte. Komplementariteten er en logisk ramme, der kan rumme mange ting, men den ville straks miste sin nutte, hvis den forstenedes til en fast form. Bohr havde store forventninger om dens anvendelsesmuligheder på de forskellige områder af naturvidenskaben; men hans antydninger i denne henseende viser klart, at han derved tænkte på meget forskellige former for komplementaritet, der i hvert enkelt tilfælde kun kunne bestemmes i umiddelbar tilknytning til erfaringen. Det har i årenes løb ikke manglet på bestræbelser fra filosofferne om at indordne komplementariteten i deres stive systematik, men det ville af gode grunde aldrig lykkes; filosofferne plejer ikke at have plads for nye tanker! Hørte nu Bohr til idealismen eller materialismen? Var han ikke snarere en positivist? Bohr morede sig over denne grublen — med én undtagelse: han blev inderligt bedrøvet hver gang han mødte en student, der ville læse filosofi uden samtidig at erhverve grundige kundskaber i et eller andet videnskabeligt fag: «Det lover intet godt», sagde han, «når en ung mand ikke er indstillet på at lære noget nyt».

At lære noget nyt, stadig at være modtagelig for det uventede, med glæde at hilse enhver fremgang i vort kendskab til naturen, det var den inspirerende belæring, vi fik fra Niels Bohr. Denne aldrig svigtede årvågenhed overfor naturens uudtommelige mangfoldighed var kilden til hans optimisme og livsglæde. For os, der øste så megen styrke fra denne livsglæde, der strålede ud fra ham, og som nu bestræber os at leve videre i hans ånd, gælder det sandelig ikke om på skolemesterlig manér at forkynde komplementariteten, endnu mindre at forsøre den. Vor opgave er en betydelig vanskeligere og mere ansvarsfuld: at holde ånden levende.

TERMISK STRÅLING FRA MÅNEN OG OVERFLATENS STRUKTUR

Øystein Elgarøy.

Innledning.

Etter å ha vært negligeret i årtier fikk måneforskningen et kraftig oppsving for noen år siden. Mye av den fornedyede interesse skyldes at månen er det første himmellegeme utenfor jorden som er blitt undersøkt ved hjelp av romsonder. Men det bør tilføyes at forbedret radar- og radioteknikk også har bidratt til den økede interesse.

Tidligere beskjeftiget man seg i stor grad med å lage kart over månen og beskrive ringfjell, «hav» og andre synlige formasjoner. I dag dreier diskusjonen seg mer om emner som materialet i månens overflatelag, effekten av bombardement av forskjellige typer partikler eller en mulig indre radioaktiv oppvarming.

Studier av månen i infrarødt og i radiobølgemrådet har gitt mange interessante resultater, ikke minst når det gjelder overflatens beskaffenhet.

Ser vi bort fra effekten av en mulig radioaktiv oppvarming i månens dypere lag, er kilden til den emiterte termiske stråling fra månen absorbert sollys. Hvor meget solenergi som pumpes ut og inn av månen under en syklus, dybden den termiske energi trenger ned til og hvor dypt elektromagnetiske bølger av forskjellig frekvens når er alt bestemt av overflateskiktets beskaffenhet. Energien fra solen kan betraktes som en sonde man benytter for å bestemme de fysiske parametene til det materialet energitransporten foregår i.

Det er å vente at måneoverflaten er ganske forskjellig fra jordens overflate. Årsaken er vesentlig at månen mangler atmosfære og rennende vann og at den stadig bombarderes av partikler.

Et blikk på månen er nok til å bli klar over at overflaten er langt fra ensartet. Likevel har man hittil vesentlig operert med teoretiske modeller som neglisjerer irregulæritetene, men det synes opplagt at man i tiden som kommer må lage mer differensierte modeller.

Temperaturen i et punkt på månens overflate.

Betegnes et punkts lengde og bredde i månekoordinater med l og φ , finner man at den solenergi som faller inn på 1 cm^2 av overflaten uttrykkes ved:

Dr. philos Ø. Elgarøy er førsteammanuensis ved Astrofysisk Inst., Blindern.

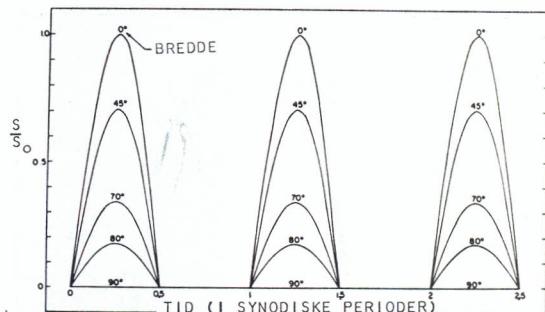
$$S = S_0 \cos \varphi \sin \omega (t-l) \quad \text{når } 0 < t-l < p/2 \\ S = 0 \quad \text{p/2} < t-l < p$$

Her er

S_0 = «solarkonstanten». Den defineres som den totale strålingsenergi som pr. minutt treffer én cm^2 hvis normal peker mot solsentret og hvis avstand er lik Jordens middelavstand fra solen. (Verdien er $2 \text{ cal/cm}^2 \text{ min.}$).

$\omega = 2\pi/p$, hvor p er månens synodiske omløpstid (29,5 døgn).

Energitilførelsens variasjon med tiden er vist i figur 1. Som det kan sees får man en rekke pulser hvis amplituden avtar med økende bredde. I infrarødt skulle man vente at månen viser sterkt randfordunkling, hvilket også er tilfelle.



Figur 1. Innstrålingen fra solen ved forskjellige bredder på månen som en funksjon av tiden.

En del av den innfallende energi blir reflektert mens resten absorberes av månen. Observasjoner viser at omtrent 12 % av solenergien reflekteres. Av de 88 % som absorberes og omsettes i varme blir ca. 99,4 % strålt direkte ut igjen. De resterende 0,6 % ledes bort mot dypere lag.

Når man vil bestemme overflatetemperaturen T i et punkt l , φ som funksjon av tiden, kan man se bort fra månens krumning og benytte den en-dimensjonale varmeleddningsligning med passende grensbehandling. Feilen man gjør ved bare å se på varmestrøm i radiell retning er meget liten. Man får da å løse:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{\rho c}{K} \frac{\partial T}{\partial t} = 0$$

Grensebetingelsen er:

$$\sigma T^4 = (1 - A) S_0 \cos \varphi \cos \omega t - K \frac{\partial T}{\partial x}$$

hvor:

x = dybden målt fra overflaten og innover mot sentret.

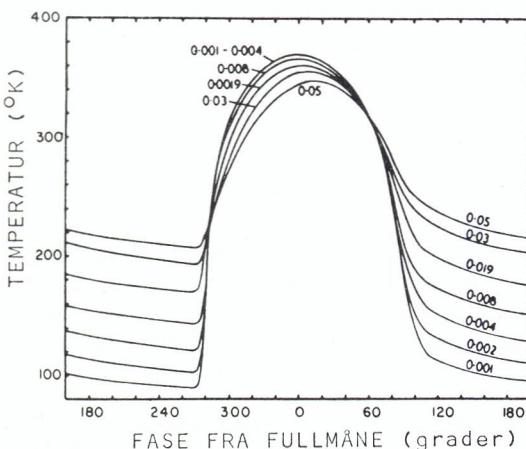
K, ρ, c = overflatematerialets termiske ledningsevne, tethet og spesifikke varme.

σ = Stefan-Boltzmanns konstant.

(1-A) = den brøkdel av solenergien som absorberes.

På grunn av den ikke-lineære grensebetingelse må varmeledningsligningen løses ved numeriske metoder. Man får da en kurveskare hvor de enkelte kurver adskiller seg ved ulike verdier av den «termiske treghet», $(K \rho c)^{1/2}$.

For tidsvariasjonen av temperaturen i et punkt på månens ekvator får man kurver som vist i figur 2. Ved små verdier av $(K \rho c)^{1/2}$ varierer temperaturen meget mens fasen følger innstrålingen. Med øknede verdier av den termiske treghet begynner en faseforskyvning å bli merkbar.



Figur 2. Teoretiske kurver for temperaturen i et punkt på månens ekvator. Tallveriene angir den termiske treghet $(K \rho c)^{1/2}$ i $\text{cal}/\text{cm} \deg s^{1/2}$

Det er utført enkelte målinger av den termiske stråling fra månens overflate i infarødt (bølgelengde 8—12 μ) gjennom et månedøgn, og oversensstemmelsen med den teoretiske kurve er forholdsvis god når $(K \rho c)^{1/2}$ settes lik $0,0023 \text{ cal}/\text{cm}^2 \deg s^{1/2}$. Gjennom månedøgnet varierer temperaturen fra 390°K ved middag til mindre enn 90°K i annen halvdel av natten. Maksimaltemperaturen tilsvarer temperaturen for kokende vann mens minimumsverdien tilsvarer temperaturen for flytende luft. Da perioden i denne

variasjon er 29,53 døgn eller 709 timer, blir den midlere temperaturgradient mindre enn 1 grad per time. Ved solnedgang og soloppgang kan den bli 7 grader per time.

Det er måneformørkelsene som byr på de beste muligheter til å bestemme verdien av den termiske treghet. En avgjort fordel ved formørkelsesobservasjoner er at de gjøres unna på ca. 4 timer. Dermed blir det lettere å korrigere for atmosfærens innflytelse på målingene for ikke å nevne hvor meget enklere det er å holde instrumentparametrene konstante i fire timer enn i tredve døgn.

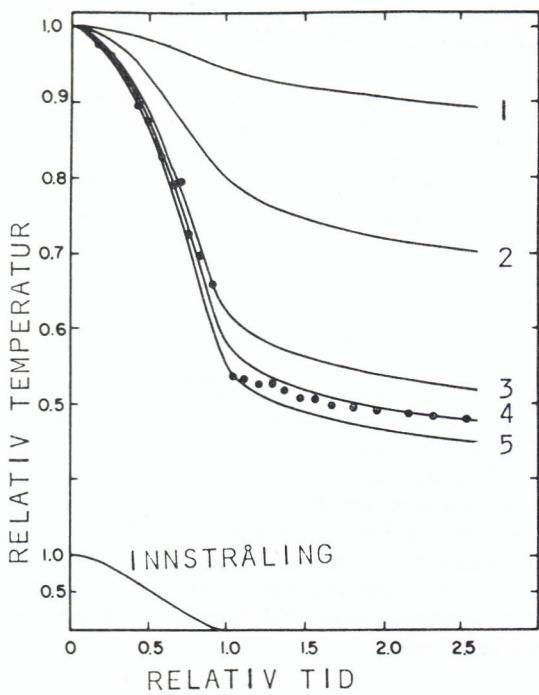
Beregningen av temperaturvariasjonen under en formørkelse skjer på tilsvarende måte som for månedøgnet. Igjen vil parameteren $(K \rho c)^{1/2}$ adskille de forskjellige teoretiske kurver.

Det første tegn på at det er noe helt usedvanlig ved måneoverflaten kom da Pettit og Nicholson ved Mt. Wilson observatoriet observerte temperaturforandringene under måneformørkelsen 14. juni 1927. På en time, mens jordens halvskygge gikk over observasjonspunktet, falt temperaturen fra 342°K til 210°K . Ved slutten av totaliteten var temperaturen nede i 152°K . Deretter steg den hurtig inntil den omtrent nådde begynnelsesverdien igjen. Dette var helt forskjellig fra forløpet under formørkeler på jorden, hvor temperaturen bare faller noen få grader. Hvis måneoverflaten var av fast fjell, ville varmeledning forby slike voldsomme svingninger.

I figur 3 ser man hvorledes Pettits observasjoner fra måneformørkelsen 27. oktober 1939 ligger i forhold til teoretisk beregnede kurver. Det synes som om $(K \rho c)^{1/2} \approx 10^{-3} \text{ cal}/\text{cm}^2 \deg s^{1/2}$ passer best med observasjonene, men ingen av de teoretiske kurver er helt gode. Mens formørkelsen er total, synker de observerte temperaturer mindre enn ventet. Dette kan f.eks. skyldes at overflatelagets termiske ledningsevne øker med dybden, eller at ledningsevnen synker med temperaturen.

En fast overflate bestående av silikatholdig fjell, slik som man finner her på jorden, har en termisk treghet lik $0,05 \text{ cal}/\text{cm}^2 \deg s^{1/2}$. Dette er omtrent 50 ganger så meget som det måne-observasjonene gir. En slik stor forskjell ble med en gang tatt som en indikasjon på at den overflaten på månen som målingene refererer seg til, ikke kan bestå av faste bergarter. Det er ikke noen kjent bergart på jorden som i det hele tatt ligner på måneoverflaten hva termiske egenskaper angår.

Løsninger av varmeledningsligningen for det tilfelle at ledningsevnen øker med dybden er funnet, riktignok i sterkt forenklet form, nemlig



Figur 3. Pettits observasjoner fra formørkelsen 27. oktober 1939 sammenlignet med teoretiske kurver for en homogen modell.

Modell	$(K \rho c)^{1/2}$ (cal/cm ² grad sek ^{1/2})
1	0,05
2	0,0073
3	0,0015
4	0,00098
5	0,00073

for to-lags modellen. I denne antas månelegemet å være dekket av en substans, som i litteraturen er blitt kalt støv. En to-lags modell ble først diskutert i 1949 i forbindelse med interpretasjonen av månetemperaturer målt på bølgelengden 1,25 cm. Da stråling i dette bølgelengdeområdet også kommer fra lag under selve overflaten, må man se på hvorledes temperaturen varierer med dybden.

Temperaturfordelingen under månens overflate.

Temperaturen i et punkt på overflaten (l, φ) kan uttrykkes ved en Fourrier rekke:

$$T(0,t) = T_0 + T_1 \cos(\omega t - q_1) + T_2 \cos(2\omega t - q_2) + \dots$$

Amplidudene T_n og fasene q_n kan i prinsippet enten bestemmes ved observasjoner eller ved løsning av varmeleddningsligningen.

For temperaturen i dypere lag får man:

$$T(x, t) = T_0 + T_1 e^{-b_1 x} \cos(\omega t - q_1 - b_1 x) + T_2 e^{-b_2 x} \cos(2\omega t - q_2 - b_2 x) + \dots$$

Man har altså en rekke termiske bølger som trenger inn i månen og dempes etter hvert. Det kan vises at

$$b_n = \left(\frac{n\omega \rho c}{2K} \right)^{1/2}$$

Herav sees at både demping og faseforskyvning øker mot høyere harmoniske. Den fundamentale bølge er dempet til e^{-1} i dybden $x = 1/b_1$. Setter man inn noenlunde passende tallverdier finner man at x bare er noen centimeter. De termiske bølger dempes altså fantastisk hurtig.

Siden månens overflateskikt er delvis gjennomsiktig i radiobølggeområdet, vil den stråling som observeres på disse frekvenser komme fra et mer eller mindre tykt lag. Dybden av laget øker med bølgelengden. Den temperatur man finner fra radio-observasjoner vil derfor være et veiet middel av temperaturen under overflaten ned til den største dybde strålingen kommer fra. Beregningen av denne temperatur er noe omstendelig, men resultatet kan litt forenklet skrives:

$$T_b(\nu, \theta, t) = (1 - R) \left\{ T_0 + \frac{T_1}{a_1(\theta)} \cos[\omega t - q_1 - \psi_1(\theta)] + \frac{T_2}{a_2(\theta)} \cos[2\omega t - q_2 - \psi_2(\theta)] + \dots \right\}$$

hvor:

- | | |
|------------------|--|
| T_b | = «brightnesstemperatur», den temperatur et stort legeme måtte ha for å gi den observerte intensitet på frekvensen ν . |
| R | = refleksjonskoeffisienten for stråling av frekvens ν . |
| Θ | = vinkelen mellom overflatenormalen og observasjonsretningen. |
| $a_n(\theta)$ | = dempningsfaktor som avhenger av månematerialet og Θ . |
| $\psi_n(\theta)$ | = faseforsinkelse, direkte relatert til $a(\theta)$. |

Det man skal merke seg er at T_0 er den samme for alle frekvenser, og den samme som i uttrykket for overflatetemperaturen. Bortsett fra faktoren $(1-R)$ har tilsvarende ledd for overflatetemperaturen og mikrobølggetempera-

turen koeffisienter i forholdet $1 : a_n(\theta)$. Man har også en ekstra faseforsinkelse, $\varphi_n(\theta)$.

For dempningen $a_n(\theta)$ og faseforsinkelsen $\psi_n(\theta)$ har man følgende uttrykk:

$$a_n(\theta) = [1 + 2\delta_n(\theta) + 2\delta_n^2(\theta)]^{1/2}$$

$$\operatorname{tg}\psi_n(\theta) = \frac{\delta_1(\theta)}{\delta_1(\theta) + \frac{1}{V^n}}$$

hvor

$$\delta_n(\theta) = \frac{\text{dempningslengde for radiobølgene}}{\text{dempningslengde for termisk bølge av n. orden.}}$$

I 1949 bestemte Piddington og Minnett a_1 og φ_1 fra observasjoner på bølgelengden 1.25 cm. De fant at amplituden på den fundamentale temperaturbølge var redusert med 0.39 i forhold til overflateverdien, og faseforsinkelsen var $\psi_1 = 45^\circ$. Det siste resultat fører til at δ_1 blir uendelig. Konsekvensen av dette blir igjen at a_1 skulle være uendelig, eller i hvert fall meget stor, hvilket tydelig strider mot observasjonene. (Når δ_1 er meget stor er dempningslengden for radiobølgene vesentlig større enn dempningslengden for temperaturbølgen, hvilket skulle føre til at det varierende ledd blir minimalt).

Piddington og Minnett tolket observasjonsresultatene dit hen at en homogen månemodell ikke var tilfredsstillende. De mente deres observasjon tydet på en måne hvor de termiske og elektriske egenskaper varierte med dybden. De prøvde imidlertid ikke noen modell hvor parametrene hadde en jevn variasjon, men gikk direkte over til en 2-lags modell.

To-lags modellen.

Når man tar i betraktning de store temperaturvariasjoner på månen, er det ikke urimelig å anta at forvitring kan ha bidratt til å danne et støv-aktig lag. Meteorittnedslag kan også ha gitt bidrag, og muligheten av at det finnes vulkansk aske skal heller ikke utelukkes. I en sannsynlig modell skulle vi da ha et toppskikt med meget liten verdi for $(K\varrho c)^{1/2}$ mens laget under skulle ha en termisk treghet som mer lignet den vi finner for jordiske bergarter. Temperaturer bestemt ved infrarøde målinger vil referere seg til toppen av støvlaget, men radiobølgene vil fortsatt komme fra dypere lag, I en slik modell kan man lett oppnå fasefor-

skjeller mellom temperatursvingninger målt i infrarødt og i mikrobølggeområdet på 45° eller mer.

For å forklare målinger av radiobølger med bølgelengde 1.25 cm antok Piddington og Minnett at støvlaget og skiktet under hver bidro like meget til faseforskyvningen. (For en gitt amplitudereduksjon blir da forskjellen optimal). Fra observasjonene utledet de følgende relasjon:

$$\frac{\tau}{K_d} = 640 \frac{1}{(K\varrho c)^{1/2}}$$

Vi har altså fått en forbindelse mellom støvlagens tykkelse τ , dets termiske ledningsevne K_d og den termiske treghet for det underliggende materiale $(K\varrho c)^{1/2}$.

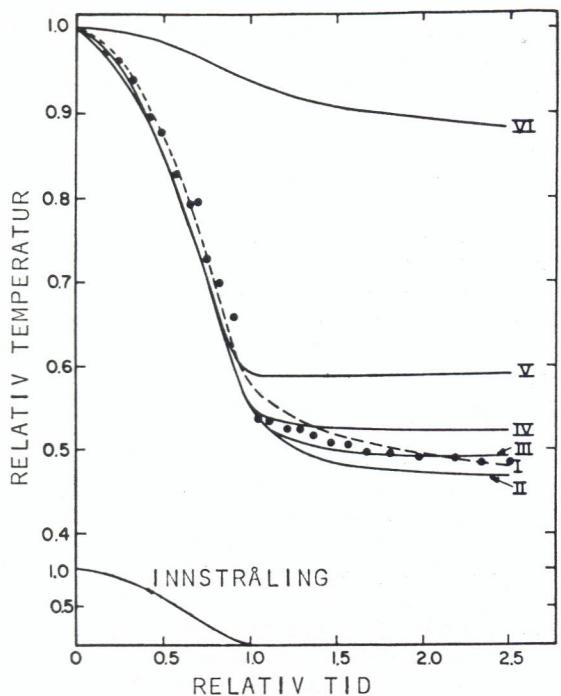
Ledningsevnene K_d og K kan ha verdier mellom verdien for fast basalt, $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \text{ s}$ og meget lave verdier, f.eks. $10^{-5} - 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \text{ s}$. De siste kan ventes for et støvlag. På dette grunnlag satte Piddington og Minnet opp følgende tabell:

K	$(K\varrho c)^{1/2}$	K_d	$\tau(\text{mm})$
$4,2 \cdot 10^{-3}$	20	10^{-6}	0,12
—»—	»	10^{-5}	1,2
$2,0 \cdot 10^{-4}$	92	10^{-6}	0,5
—»—	»	10^{-5}	5,5
$1,0 \cdot 10^{-5}$	»	10^{-6}	2,5

Man ser at de tykkeler man finner for et mulig støvlag er av størrelsesorden millimeter. Piddington og Minnett mente at et slikt lag kunne forklares som dannet av meteoritter som treffer månens overflate. De sammenlignet med data fra jorden over den samlede masse meteorittmateriale som treffer atmosfæren pr. døgn, reduserte massen noe p.g.a. månens mindre gravitasjon, og fikk god overensstemmelse mellom det to-lags modellen krevde og tykkelsen av det forventede meteorittlag. Imidlertid var de eksperimentelle data de hadde dårlige, og overensstemmelsen må karakteriseres som tilfeldig.

Bruken av formørkelsesdata til å bestemme τ og $(K\varrho c)^{1/2}$.

Som vist i figur 3 fikk man best overensstemmelse mellom Pettits observasjoner fra 1939 og en homogen modell når $(K\varrho c)^{1/2} = 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \text{ deg } s^{1/2}$. Det var imidlertid tydelig at avkjølingen under den totale fasen var mindre enn den modellen tilsa. Man har derfor forsøkt om bedre overensstemmelse kan oppnås ved to-lags modellen. Ved å anta en verdi for



Figur 4. Jaeger og Harpers formørkelseskurver for en to-lags modell.

Modell	τ (mm)	$(K \rho c)^{1/2}$ (cal/cm ² grad sek ^{1/2})
II	2,4	$7,15 \cdot 10^{-3}$
III	1,7	$1,00 \cdot 10^{-2}$
IV	1,2	$1,43 \cdot 10^{-2}$
V	0,5	$3,33 \cdot 10^{-2}$

Modellene I (stiplet) og VI er homogene med $(K \rho c)^{1/2}$ henholdsvis 10^{-3} og $0,05$ cal/cm² grad sek^{1/2}.

Kan man ut fra Piddington og Minnetts relasjon bestemme samsvarende verdier av τ og $(K \rho c)^{1/2}$. Deretter kan man regne ut mulige formørkelseskurver. På denne måten fant Jaeger og Harper i 1950 best overensstemmelse mellom teori og observasjon (kurve III i figur 4) for $\tau = 1,7$ mm og $(K \rho c)^{1/2} = 10^{-2}$ cal/cm² deg s^{1/2}, som er omrent lik verdien for pimpsten målt i vakuum. K_d ble satt lik $2,8 \cdot 10^{-6}$ cal/cm² s. Men man må her bemerke at to-lags modellen ikke virker mer overbevisende enn ett-lags modellen med $(K \rho c)^{1/2} = 10^{-3}$ cal/cm² deg s^{1/2}. Hva ett-lags modellen angår er den forutsgitte kjøling for hurtig, for to-lags modellen er den for sen. Man kan ikke trekke noen opplagt konklusjon for eller imot de to modeller ut fra disse resultater.

Resultater av radio-observasjoner over et stort bølgelengdeområde

Radio-observasjoner på bare én frekvens gir stor frihet i valg av månemodell. I denne sammenheng bør det bemerknes at Piddington

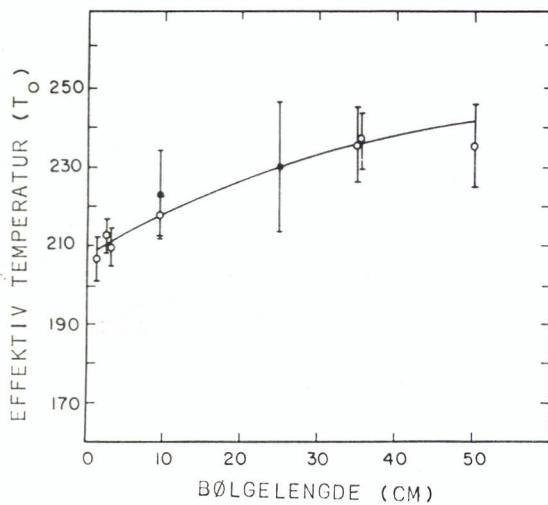
og Minnetts bestemmelse av faseforsinkelsen på bølgelengde 1,25 cm, som de tillate temmelig stor betydning, senere er kritisert nokså meget. Usikkerheten i målingene er nemlig så stor at det skal godt gjøres å bestemme fasen bedre enn med noen graders nøyaktighet. Og en liten forandring i fasevinkelen er nok til å endre konklusjonene en god del.

Med noenlunde fornuftig valg av parametere i en homogen modell finner man at de første ledd i Fourier rekken for området nær måne-sentret og for bølgelengden 1 cm blir:

$$\begin{array}{ll} \text{Fundamentale bølge} & \text{Ampl. } 41^\circ\text{K fase } 33.7^\circ \\ 1. \text{ harmoniske} & \text{» } 7^\circ\text{K fase } 36.5^\circ \\ 2. \text{ harmoniske} & \text{» } 5^\circ\text{K fase } 37.8^\circ \end{array}$$

Siden amplituden er så liten, er registrering av 1. og 2. harmoniske meget vanskelig. Dette stemmer med den praktiske erfaring. Hittil har bare Kisliakov og Salomonovich i USSR målt med en nøyaktighet ned til 2. harmoniske. De observerte på bølgelengden 4 mm.

Å bestemme absolute strålingstemperaturer ut fra radio-observasjoner er vanskelig fordi man da må kjenne en rekke antenneparametere som ikke er helt lett å bestemme, særlig på lengre bølgelengder. En undersøkelse av de radio-observasjoner som er gjort av månen er i første omgang lite oppmuntrende. Således viser det seg at T_0 målt på samme frekvens av forskjellige observatører, eller målt på frekvenser like ved hverandre, varierer med opptil 30 %. Dette forhold gjen-speiler vanskelighetene med absoluttkalibrering av apparaturen. I 1960 gikk Troitskii i USSR kritisk gjennom målingene og plukket ut de beste. Han konkluderte med at T_0 er avhengig av bølgelengden. I tiden fra 1961–64 ble det imidlertid utført presisjonsmålinger på bølgelengdene 0,4, 1,6, 9,6, 14, 32,5, 35, og 50 cm i USSR. Man oppnådde under disse observasjonene langt større nøyaktighet enn tidligere, og fant at T_0 avhenger av bølgelengdene som vist i figur 5. Den mest sannsynlige interpretasjon av dette interessante resultatet er at temperaturen øker med dybden under overflaten på grunn av en indre oppvarming i månen. Oppvarmingen kan skyldes radioaktive prosesser slik som tilfellet er for jorden. Figuren viser en nærmest lineær økning av T_0 opp til 30 cm bølgelengde, som tyder på en konstant termisk ledningsevne inntil den dybden hvor denne strålingen kommer fra (antagelig 3–10 meter). I større dybder synes materialet å være tettere og ledningsevnen er også større, mer lik verdier vi finner på jorden.



Figur 5. Bølgelengdeavhengigheten av T_0 , den effektive månetemperatur.

En variabel komponent i månens radiostråling er observert opp til 20 cm bølgelengde. Den variable komponenten avtar tydelig i amplitud med økende bølgelengde, hvilket man også skulle vente fordi, som vi har sett, temperaturen meget hurtig blir konstant (i tid) under overflaten.

De data man har for spektret av radiostrålingens variable del kan brukes til å undersøke hvorledes materialegenskapene avhenger av dybden. I figur 6 er forholdet mellom den konstante temperatur og amplituden i den variable del kalt M og avsatt som funksjon av faseforskyvningen (ξ). Observasjonene er sammenlignet med det forventede forløp for tre forskjellige modeller; en homogen modell (1), en to-

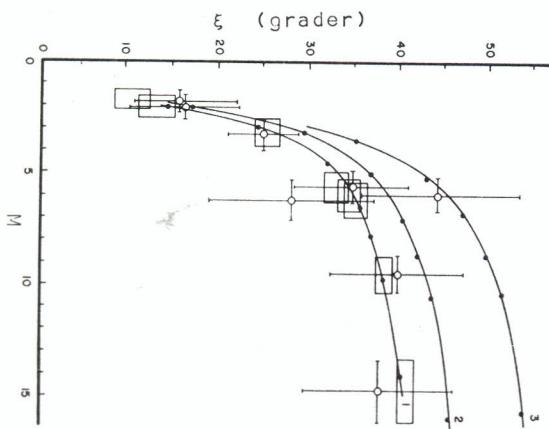
lags modell med tynt støvlag ($\xi_{stov} = 5^\circ$) og en med noe tykkere støvlag ($\xi_{stov} = 15^\circ$). Som det kan sees av figuren antyder observasjonene en homogen modell. Man kan i hvert fall ikke få alle observasjonene til å stemme med en to-lags modell selv om støvlaget er relativt tynt. Men dette utelukker ikke en modell med en mer jevnt fordelt inhomogenitet, som ikke kommer frem enten på grunn av målefeilene eller fordi spektret er utilstrekkelig dekket.

Månen kan betraktes som en dielektrisk kule med dielektrisitetskonstant ϵ , omgitt av «fritt rom» med dielektrisitetskonstant ϵ_0 . Den elektromagnetiske stråling fra månen vil derfor være polarisert, et forhold som først ble observert i mikrobølgeområdet i 1962. Verdien av forholdet ϵ/ϵ_0 var omrent 1.8. Dette avviker fra resultatet av radarundersøkelser som gir $\epsilon/\epsilon_0 \approx 2.8$. Hagfors ved MIT har vist at uoverensstemmelsen kan løses ved å anta et overflatelag med tykkelse større enn den benyttede radarbølgelengde (som var ca. 1 fot) og med dielektrisitetskonstant 1.8. Dette laget ligger over, eller inneholder, materiale med dielektrisitetskonstant mellom 4 og 5. Den siste verdi finner man igjen for mange bergarter på jorden, men en dielektrisitetskonstant rundt 2 er avgjort for lav. Tar man imidlertid i betraktning at månens ytre skikt høyst sannsynlig er porøst, er det riktigere å sammenligne verdien $\epsilon/\epsilon_0 \approx 1.8$ med det man finner for jordiske prøver i porøs form. Det viser seg da at man oppnår overensstemmelse dersom under halvparten av rominnholdet består av fast materiale mens resten er «porer».

Termiske irregulariteter.

Måneoverflaten er hittil betraktet som ensartet, og de bestemte parameterverdier må anses som middelverdier. I løpet av de siste 6 år er det imidlertid blitt helt klart at det finnes en lang rekke områder på månen med avvikende termiske egenskaper.

I 1960 fant Shorthill i USA at kraterne Tycho, Aristarchus, Copernicus, Proclus og Kepler holdt seg varmere enn omgivelsene under formørkelsler. Nye observasjoner under måneformørkelsen 19. desember 1964 viste at det ikke bare er de 5 nevnte kratere som har avvikende avkjølingskurve, men at det finnes i hvert fall ca. 1000 «hot spots» (figur 7). De fleste anomalieområder faller sammen med kratere med strålestruktur eller kratere med relativt høy refleksjonsevne for synlig lys. Det er etter hvert vist at månens termiske egenskaper så langt fra er uniforme, men varierer selv over ganske små områder.



Figur 6. Observed phase shift of the first harmonic wave (ξ) as a function of the ratio between the constant component and the wave's amplitude (M) compared with a homogeneous model (1) and two dust models (2 and 3) with successively thicker dust layers.

Fra Fysikkens Verden

28. årgang
1966

NORSK FYSISKE SELSKAP
TRONDHEIM 1966

Fra Fysikkens Verden

Redaktør:

Professor dr. Haakon Olsen
N. T. H., Trondheim

Redaksjonskomite:

Rektor Finn Berntsen, Trondheim
Universitetslektor Wilhelm Løchstøer, Blindern
Dr. philos. Tormod Riste, Kjeller
Professor Steingrim Skavlem, Bergen
Dr. techn. Helge Øverås, Genève

Problempalten:

Siv.ing. Richard R. Solem, Trondheim

Teknisk medarbeider:

Institutting. Knut Lønvik

Norsk Fysisk Selskap

Formann:

Professor dr. Njål Hole

Styre:

Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Aadne Ore
Professor dr. Harald Trefall
Dr. philos. Tormod Riste

Sekretær:

Ingerid Rognes, Fysisk Institutt,
N. T. H., Trondheim

I N N H O L D

Hefte 1.

Egil A. Hyllerås, <i>Harald Wergeland</i>	1
Publikasjoner:	
A. Vitenskapelige avhandlinger	6
B. Artikler av almenvitenskapelig karakter	8
Norsk fysisk selskap, program for fysikermøte	10
Nordic solid state conference 1966	10
Reaksjoner mellom komplekse kjerner, del 1, <i>Svenn Lilledal Andersen</i>	11
Kvasistasjonær forskynningsstrøm og magnetfelt, <i>Jacob Sandstad</i>	16
Nordisk symposium i elementærpartikkelfysikk, <i>Olaf Skjeggestad</i>	18
Brev fra leserne	20
AHA-spalten	20

Hefte 2.

Termoelektrisitet, <i>Ivar Holwech</i>	21
Digital måleteknikk i fysikken, <i>Rolf Nordhagen</i>	28
Fra Gymnasierådet, bruk av enheter i fysikk- oppgaver	35
Reaksjoner mellom komplekse kjerner, del 2, <i>Svenn Lilledal Andersen</i>	36
Bøker	41
Fysikermøtet 1966	43

Hefte 3.

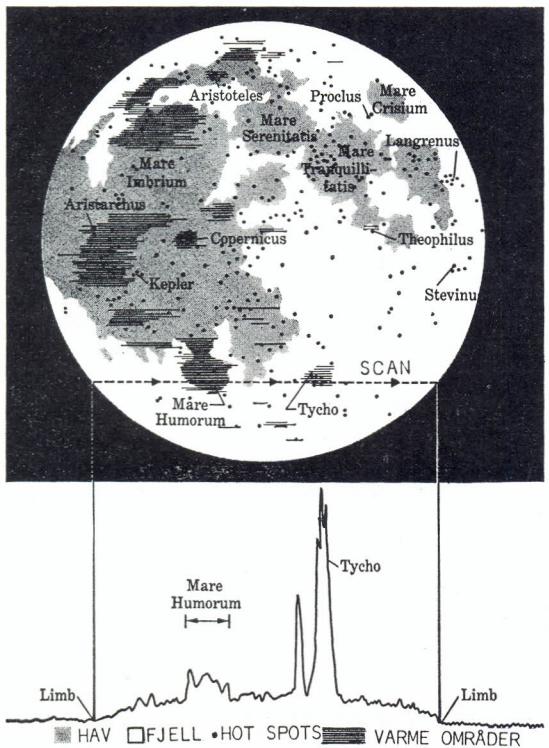
Stimulert emisjon og dens anvendelse i Lasere, <i>Svenn Lilledal Andersen</i>	45
Hva er reaktorfysikk? <i>Jon Berg</i>	51
John Dalton, <i>Jostein Knutsen</i>	54
Hva vil vi — Hva bør vi — Hva kan vi, Diskusjon om norsk fysisk forskning	56
Sam Eyde og historien om de nitrogenholdige stoffer, <i>Jostein Knutsen</i>	63
Romforskning i Vest-Europa	65
Norsk atomforskning	68
Bøker	68

Hefte 4.

Jonatan Aars — 70 år, <i>Anders Omholt</i>	69
Tale ved Universitetets Minnehøjtidelighed for Priffessor Niels Bohr, <i>Leon Rosenfeldt</i>	70
Termisk stråling fra månen og overflatens struktur, <i>Øystein Elgarøy</i>	73
Sigurd Einbu, <i>Jostein Knutsen</i>	80
Virkning av ultrafiolett stråling på cellemembraner, <i>Tor Langeland og Svein Atland</i>	82
Den nordiske konferansen i fast-stoff-fysikk 22-26 aug. 1966, <i>Tormod Riste</i>	86
Bøker	87

FORFATTERREGISTER

<i>Andersen, Svenn Lilledal:</i> Reaksjoner mellom kom- plekse kjerner, del 1	11
del 2	36
— Stimulert emisjon og dennes anvendelse i Lasere	45
<i>Bakke, Finn:</i> (Bokanm.) Eva Steffansson: Fysik Elektron höljen och Atomkärnor	67
— (Bokanm.) Walter Hauser: Introduction to the Principles of Mechanics	67
<i>Berg, Jon:</i> Hva er reaktorfysikk?	51
<i>Eriksen, Erik:</i> (Bokanm.) Paul Roman: Advanced Quantum Theory	88
<i>Eriksen, Gunnar:</i> (Bokanm.) M. R. Kundu: Solar Radio Astronomy	41
<i>Elgaray, Øystein:</i> Termisk stråling fra månen og overflatens struktur	41
<i>Hemmer, Per Chr.:</i> (Bokanm.) R. J. Seeger and G. Temple: Research Frontiers in Fluid Dynamics	66
<i>Holwech, Ivar:</i> Termoelektrisitet	21
<i>Knutsen, Jostein:</i> John Dalton	54
— Sam Eyde og historien om de nitrogenholdige stoffer	63
— Sigurd Einbu	80
<i>Kolbenstvedt, H.:</i> (Bokanm.) David Park: Introduk- tion to the Quantum Tehory	41
<i>Langeland, Tor:</i> Virkning av ultrafiolett stråling på cellemembraner	82
<i>Mork, Kjell:</i> (Bokanm.) F. Rohrlich: Classical Charged Particles	88
<i>Nilsen, Trygve S.:</i> (Bokanm.) Richard Becker: Theori der Wärme	67
<i>Nordhagen, Rolf:</i> Digital måleteknikk i fysikken ..	29
<i>Omholt, Anders:</i> Jonatan Aars — 70 år	69
<i>Olsen, Håkon:</i> Vektsentra for fysisk forskning ..	58
<i>Olsen, Svein Otto:</i> (Bokanm.) E. L. O'Neill: In- troduction to Statistical Optics	66
— (Bokanm.) Britt Hartmann: Laser — det nye lyset	68
<i>Olsen, Tore:</i> Innledning til diskusjon om norsk fysisk forskning	56
<i>Reitan, A.:</i> (Bokanm.) R. M. Besançon: The Encyclopedia of Physics	42
<i>Riste, Tormod:</i> Den Nordiske Konferanse i fast- stoff-fysikk 22.-26. august 1966	86
<i>Rosenfeldt, Leon:</i> Minnetale over Prof Niels Bohr ..	70
<i>Sandstad, Jacob:</i> Kvavistasjoner forskyvningsstrøm og magnetfelt	16
<i>Sigmond, R. S.:</i> (Bokanm.) H. R. Griem: Plasma spektroskopi	42
<i>Skjeggestad, Olaf:</i> Nordisk symposium i elementær- partikkelfysikk	18
<i>Solheim, Asbjørn:</i> (Bokanm.) H. J. J. Braddwick: Vibrations, Waves and Diffraction	67
<i>Stegavik, Kåre:</i> (Bokanm.) E. Winstrøm - Olsen: Veiledning i	82
<i>Trefall, Harald:</i> (Brev) Er austronauter vektløse ..	20
<i>Trumpp, Bjørn:</i> Norsk deltagelse i internasjonalt samarbeid i eksperimentell fysikk	59
<i>Wergeland, Harald:</i> Egil A. Hylleraas	1
— (Bokanm.) G. Falk: Teoretisk fysikk	42
<i>Åtland, Svein:</i> Virkning av ultrafiolett stråling på cellemembraner	82



Figur 7. Scanning av månen i infrarødt under formørkelsen i desember 1964 ga grunnlaget for dette usedvanlige månekartet. Man ser større områder og lokale, små arealer hvor temperaturen holdt seg unormalt høy.

Hva som er årsak til de termiske anomalier er hittil ikke klarlagt. Sannsynligvis har de ikke noen felles forklaring. Dette ville i tilfelle være meget overraskende når man tar i betraktning hvor forskjellige de kan være. Man må anta at i «varme» områder har materialet en termisk ledningsevne eller en spesifikk varme som enten hver for seg eller begge samtidig avviker fra de fremherskende verdier i det tilgrensede området. Dette kan skyldes forskjeller i den mineralogiske sammensetning av overflatematerialet, eller variasjoner i materialets porositet. Man kan heller ikke utelukke effekten av indre varmekilder eller tykkere støvlag. En annen mulighet er at overflaten i de varme områder er mer ujevn med tallrike sprekker og hulrom av størrelsesorden centimeter. Rent foreløpige regninger viser at man da også må ta hensyn til energitransport ved stråling, og at man sannsynligvis kan finne formørkelseskurver i samsvar med de observerte.

Detaljbilder fra månen får betydning for overflatemodeller.

Observasjonene i infrarødt og i radiobølgeområdet har vist at materialet i månens ytre

lag har en meget liten termisk treghet, langt mindre enn verdiene for jordiske bergarter. Den månedlige varmebølge trenger bare noen centimeter ned i materialet og får en sterk faseforsinkelse med dybden. Videre synes den midlere temperatur T_0 å øke innover mot kjernen.

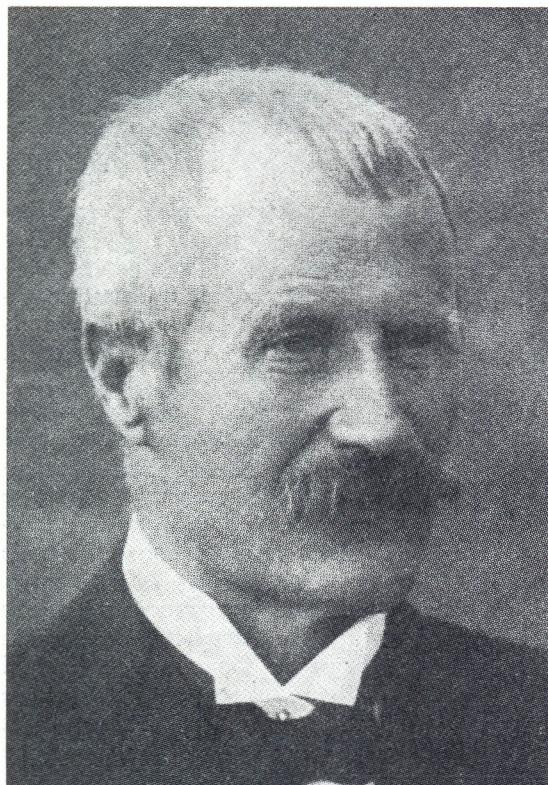
Diskusjonen av måleresultatene vanskelig gjøres av at man har et større antall ukjente parametere enn uavhengige, kvalitativt forskjellige observasjoner. Man må altså diskutere liggingsystemer som er underbestemt, og får følgelig en relativt stor frihet i valg av modell. Forholdet er at med en viss parametertilpassing kan både homogene modeller og to-lags modeller gi en god overensstemmelse mellom teori og observasjon. Her bør det bemerkes at homogene modeller og to-lags modeller er ekstreme tilfeller og at en «blandet modell» med en kontinuerlig variasjon av de termiske parametere muligens ville ligge nærmere opp til det riktige.

To viktige hendelser i måneforskingen har nylig funnet sted; Luna 9 landet på månen den 3. februar og Surveyor I landet den 2. juni i år. Det er naturligvis av største interesse å se hvorledes data fra disse sonder passer inn i det bildet man har dannet seg fra de radiometriske målinger.

Enkelte astronomer har hevdet at støvlaget på månen måtte være meget tykt. Ingen av romsondene forsvant i støv, så noe løst og dypt støvlag eksisterer i hvert fall ikke på landingsstedene. Overflatens statiske bæreevne der Surveyor I står er oppgitt til omtrent 5 pund pr. kvadrattomme.

De detaljrike bilder romsondene sendte tilbake vil man i første omgang også tolke som bevis på at overflaten er støvfri. Dette er gjort av flere astronomer, men man bør være forsiktig. Det er farlig å gjette på materialets sammensetning ut fra et bilde, for månen ligger i vakuums, og et støvlag vil neppe ha samme egenskaper som her på jorden. Ekspimenter har vist at støvkornene vil klister seg fast til hverandre og danne strukturer som godt kan illudere månens overflate fotografert fra Luna 9. I denne sammenheng bør nevnes at den 4. juni ble det gjort et interessant eksperiment fra Surveyor. Syv ganger blåste en kvelstoffstråle mot området rundt sondens ene fot mens et fjernsynskamera gjorde opptak. Ingen «støvsky» kunne observeres. Dette viser at overflaten er forholdsvis fast uten en gang et tynt, lettbevegelig støvlag der sonden står.

Endog de siste bildene tatt fra Ranger 7 syntes å tyde på en meget glatt og jevn overflate på månen, men bildene fra Luna 9 og Surveyor I



SIGURD EINBU

SIGURD EINBU

1866 - 1946

K. Jostein Knutsen

I mellomkrigstiden var de to små bøkene, Vår sol og Vår måne av Sigurd Enebo (han forandret etternavnet til Einbu i 1925), de eneste populærvitenskapelige bøker som fantes i en vanlig skolebokssamling. Ikke bare av den grunn, men også på grunn av Einbus store evne som popularisator, har de utvilsomt kommet til å bety meget for interessen for naturvitenskap her i landet. Navnet innbød jo også til en rekke interessante spekulasjoner. Og jeg var neppe den eneste som forestilte meg Einbu som en skjegget autodidakt langt ute i fjellheimen kun omgitt av sine kikkerter og bøker.

De virkelige forhold var nok litt annerledes, selv om Lesjaskog og Dombås neppe kan sies å ha vært overbefolket. Einbu var lærer og hadde også tatt middelskoleeksamen ved hjelp av et kurs, men som astronom må han sies å ha vært autodidakt. Om de tilfeldighetene som bragte Einbu vekk fra lærergjerningen for en tid og siden for godt, skriver han: «Eg har funne at det ikke er så bokstavelig sant at kvar er sin

demonstrerer at dette langt fra er tilfelle. Overflaten er stort sett jevn ned til en målestokk av størrelsesorden centimeter, men her begynner den til gjengjeld å bli svært strukturrik. Materialet gir inntrykk av å være betraktelig mer porøst enn pimpsten. Kuiper i USA kaller det en ekstrem form for pimpsten med 95 % hulrom og 5 % silikater. Løse stener i terrenget virker tettere enn overflatematerialet, som om de skulle komme fra dypere lag, muligens som resultat av meteorittnedslag.

John Salisbury, sjefen for måneundersøkelse ved Cambridge laboratoriene i Massachusetts mener Surveyor bildene viser at det ytre lag på månen dannes av partikler av høyst varierende størrelse. Ingen sortering har funnet sted, og det er heller ikke noen tendens til at fint pulver legger et dekke over større stener. Tvert om synes overflaten «etset», og erosjon må ha spilt en fremtredende rolle.

Som konklusjon kan man si at månebildene i grove trekk bekrefter resultatene av strålingsmålingene. Riktignok er ikke løst støv i vanlig, populær forstand til stede, men overflaten har

en struktur som tyder på en meget lav termisk treghet. Det synes videre fullt ut realistisk å anta en modell med en kontinuerlig variasjon av de termiske parametere.

En mulig modell av månens ytre lag blir da i sin enkleste form: Over grunnfjellet har man et lag som er uhyre porøst øverst og som blir noe tettere pakket dypere ned. Laget er «foreurensset» av biter av tettere materiale. Det aller ytterste skikt kan ha spesielle egenskaper på grunn av virkningen av forskjellig slags stråling. Dette vet man ennå lite om. Hva tykkelsen av det porøse lag angår, er det å vente at det vil variere sterkt fra sted til sted på månen.

Mange interessante oppgaver venter sikkert den første geolog som reiser til månen.

LITTERATUR FOR INTERESSERTE:

- Markow, A. V., *The Moon*. The Univ. of Chicago Press 1962.
Baldwin, R. B., *The Measure of the Moon*. The Univ. of Chicago Press, 1963.
Kopal, Z., *An Introduction to the Study of the Moon*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1966.

eigen lukkesmed. Det går å sjå til så ofte på slumpr. Sume er ovlag gode smedar, men tilhøvet stengjer for heldet. Andre hamrar meir planlaust på jernet, men lukka svingar hamaren så resultatet blir bra og summe tider overgår al von for vedkommande.

Til dei sistnemnde hører eg. Eg var lærar og likte meg godt i skulestova. I skulen i eine krinsen min på Vågå var det ein liten hage og der stod eg ein haustdag i 1894 og reinska opp i nokre blomesengjer, då ein kollega av meg kom køyrande framom på veg til Hamar, der han hadde meldt seg til eit privat mellom-skulekurs. «Du er vel ikkje ment på å slite deg ut som folkeskulelærar», sa han, «kast no grevet og bli med meg til Hamar, så fær du læra litt meir og seinare kan du ha von om å koma på ei betre hylla». Og eg, tankelause guten, beit på kroken, og ein snau time etter sat eg ved sida av kameraten på veg til Hamar utan ein gong å melde frå til skulestyret, utan fyrist å syrgje for vikar til lærar- eller til organistposten. Det var ulogvis røming frå alle plikter».

Et par år etter kurset på Hamar, søkte Einbu kontakt med observator Schroeter. Han var interessert i å vite hvor han skulle søke etter Brorsons komet. Av Schroeter fikk Einbu sine grunnleggende kunnskaper i astronomi.

På Dombås foretok Einbu sine første observasjoner med så enkle hjelpemiddler som en jakt-kikkert og en almanakk. Senere fikk han ved Schroeters hjelp låne en god langkikkert samt de såkalte Bonner Durchmusterung-kartene som han tegnet av.

Fra 1903 konsevtrerte Einbu seg om studiet av foranderlige stjerner, og han har oppdaget flere formørkelsesvariable stjerner og en nova (Nova Geminorum nr. 2 1912). Observasjonene er omtalt i 14 publikasjoner «Beobachtungen veränderliche Sterne», trykket i Videnskapsakademiets skrifter.

I 1906 fikk han utlånt en virkelig astronomisk kikkert fra Nansenfondet. Den hadde han stående på en stolpe på tunet den første vinteren, men fikk så bygget et lite astronomisk observatorium. Observatoriet var gravd ned i jorden, og han sier selv at det minnet litt om Tyge Brahes Stjerneborg.

I 1913 bygget han nytt våningshus, og han plasserte da et nytt observatorium på taket.

Einbu virket som folkeskolelærer helt frem til 1910. Fra 1916 var han bestyrer av det magnetiske observatorium på Dombås. Fra 1922—27 var han i tillegg bestyrer av den meteorologiske stasjonen, og bestyrte og ozonmålestasjonen fra 1940. Ved siden av dette fikk Einbu tid til å dyrke sine interesser for botanikk, geologi, folke-minnegranskning og bygdehistorie. Han skrev Dovre kommunenes historie gjennom 100 år, og hadde påbegynt arbeidet med Lesja kommunenes historie da han døde.

Einbu fikk flere vitenskapelige utmerkelser; i 1906 Lindemanns pris, i 1912 «Atenogenes-Silva»-medaljen, i 1926 Nansenfondets prisbelønning og i 1931 Gunnerusmedaljen. Han var både medlem av Videnskapsakademiet i Oslo, Société Astronomique de France og Astronomische Gesellschaft. I Norsk Astronomisk Selskap var han æresmedlem.

Einbu har publisert flere vitenskapelige avhandlinger, 9 populærvitenskapelige bøker og en rekke populærvitenskapelige artikler i norske tidsskrifter og aviser.

I forbindelse med hundreårsdagen for Einbus fødsel var det meningen å flytte huset han var født i i Lesjaskog med utstyr og samlinger til Dombåshaugen. Her var det da tenkt laget et Folkeobservatorium hvor skolebarn og andre kunne få sin første innføring i astronomiens mysterier. Dette prosjektet er dessverre blitt forsiktig, men forhåpentlig står Folkeobservatoriet ferdig neste år.



VIRKNING AV ULTRAFIOLETT STRÅLING PÅ CELLEMEMBRANER

Tor Langeland og Svein Åtland

Levende celler er omgitt av en membran, og fra en biofysikers synspunkt har denne membranen en rekke interessante egenskaper.

Også inne i cellene finner man nettverk av membraner og forskjellige strukturer som er bygget opp av membraner. Et slående uttrykk for at alt levende er beslektet er det faktum at man finner den samme membrantype overalt. I Fig. 1 er det vist et skjematiske diagram av en vanlig celle med kjerne, mitokondrier, ribosomer osv.

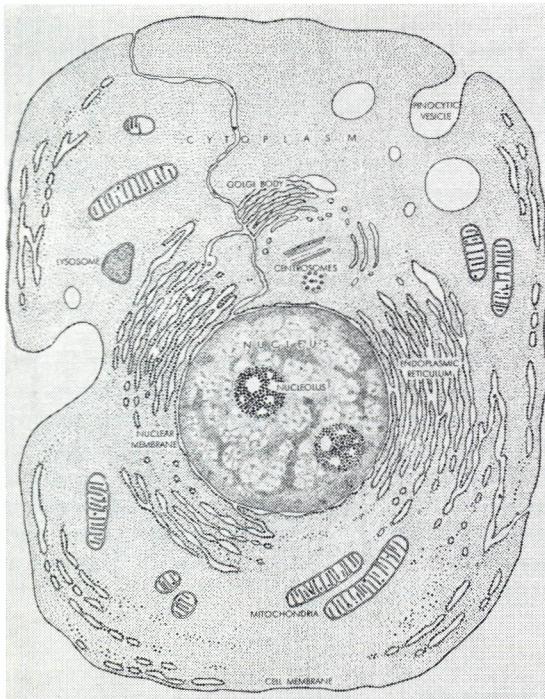


Fig. 1. Skjematiske diagram av en celle. (Med tillatelse fra Scientific American.)

I Fig. 2 er gjengitt et elektronmikroografi som viser denne biologiske enhetsmembranen. Den er tilsammen ca. 7,5 nm tykk og består av tre lag, disse er omtrent jevntykke, omkring 2,5 nm hver.

Vi vet at disse membraner er bygget opp av

Mag. Sc. T Langeland er amanuensis ved Fysisk Inst. avd. D., Blindern. Cand. real S. Åtland er lektor ved Flekkefjord Høgre skole, Flekkefjord.

eggevitestoffer, proteiner, og forskjellige fetttyper, lipider og fosforholdig fett, fosfolipider. Likevel vet vi ikke i detalj hvordan disse stoffene tilsammen danner membran. Elektronmikroskopet opplyser ikke hvilke lag som er lipid, og hvilke som er protein, og modellforestillinger er det man har å holde seg til. For eksempel kan man tenke seg membranen bygget opp med et mindre lag av lipid, dekket med protein på hver side, slik som antydet i Fig. 3. I denne figuren er det også antydet hvordan man kan tenke seg at membranen har porer, kanskje dekket med protein på innsiden.

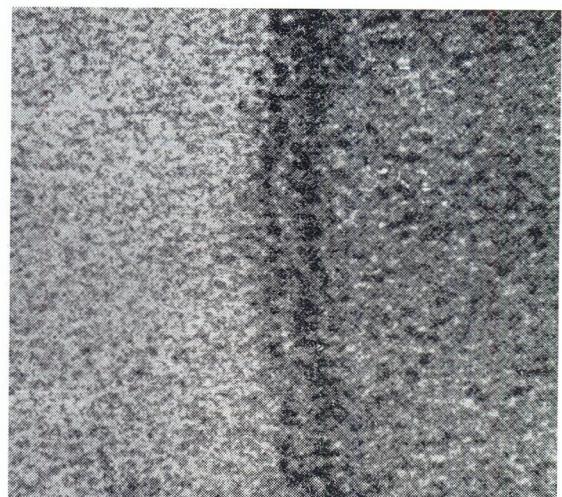


Fig. 2. Elektronmikroografi av en biologisk enhetsmembran. (Med tillatelse fra Scientific American.)

Cellemembranen er heller ikke i funksjonell henseende en enkel struktur. Noen stoffer, f.eks. vann, kan meget lett passere gjennom den og det samme gjelder mange små molekyler. Negativt ladede ioner, anioner er også i stand til hurtig å gå gjennom, mens de positive, kationene, mere holdes tilbake. I membranen må man også tenke seg at det finnes «mekanismer» som ved kjemiske reaksjoner «pumper» visse stoffer gjennom membranen, og denne aktive transport kan skje mot en koncentrasjonsgradient av stoffet. Fenomenet kalles for aktiv transport fordi energi fra stoffskiftet går med til å flytte molekyler eller ioner til høyere koncentrasjoner. Det er særlig transporten av natrium- og kalium-

ioner som har fanget interessen, men også andre stoffer transportereres på dette vis. I en normal, levende celle pumpes stadig natrium ut og kalium inn, og i motsatt retning er det stadig en liten lekkasje som balanserer det hele. Cellen vil i sitt indre ha en relativ høy (av størrelsesorden 0,1 molar) konsentrasjon av kalium, mens natriumkonsentrasjonen er heller lav.

Til tross for at vi vet meget om membranene, er vi i det rene villniss med hensyn til mange ting. Den aktive transports mekanisme kjenner vi ikke, hva som i detalj bestemmer den selektive permeabilitet er ukjent.

Er det lipid eller et protein som gir membranen dens mekaniske styrke? Hva slags kjemiske grupper, eller hvilket stoff bestemmer hvor lett et ion kan diffundere gjennom membranen?

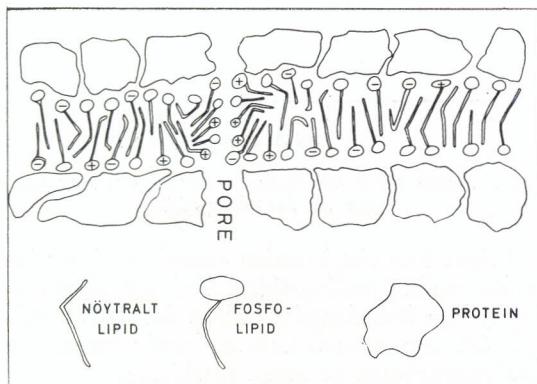


Fig. 3. Skjematisk diagram av en mulig oppbygning av den biologiske enhetsmembranen.

Dersom cellemembranen skades, eller pumpemekanismen stopper på grunn av næringsmangel eller forgiftning, lekker kalium ut av og natrium inn i cellen. Membranen kan også skades så sterkt at hele celleinnholdet strømmer ut.

Vi skal her berette om noen eksperimenter vi har gjort med hensyn til membranskader. Som materiale har vi brukt røde blodlegemer, erytrocyter, fra mennesker. Som celle betraktet er erytrocyten ikke særlig typisk. Den dannes i benmargen og før den kommer ut i blodet mister den sin kjerne og dermed evnen til å dele seg. I normal tilstand er den en skive, tynnest på midten, med en diameter på omkring 8 μm . Dersom slike celler slemmes opp i en lösning som er mørkere enn vanlig blod, vil vann ved osmose strømme inn i cellene. Et lösningen tilstrekkelig fortynnet, vil membranen spreke og slippe blodfarvestoffet hemoglobin ut i lösningen, fenomenet kalles for hemolyse.

Den teknikk vi har brukt er aksjonsspektroskop, et ord som trenger forklaring. La oss tenke oss at vi bestråler, f.eks. bakterier med ultrafiolett stråling. Når strålingskvantene absorberes i et eller annet molekyl, kan man få en fotokjemisk prosess som kanskje leder til en observerbar effekt. I vårt eksempel kan man tenke seg at man måler hvor lett bakteriene dør på grunn av bestrålingen. En mulig hypotese for dette tilfellet er at det er særlig stråleskader på bestemte molekyltyper som er avgjørende. Dersom vi i tillegg antar at kvantets størrelse ikke er vesentlig, bare det at det observeres i vedkommende molekyl, så må den drepende virkning vise en bølgelengdeavhengighet som følger vedkommende stoffs absorpsjonsspektrum. Mange forskere har gjort eksperimenter nettopp med denne problemstilling, og i Fig. 4 gjengir vi et aksjonsspektrum for ultrafiolett strålingsevne til å drepe bakterier.

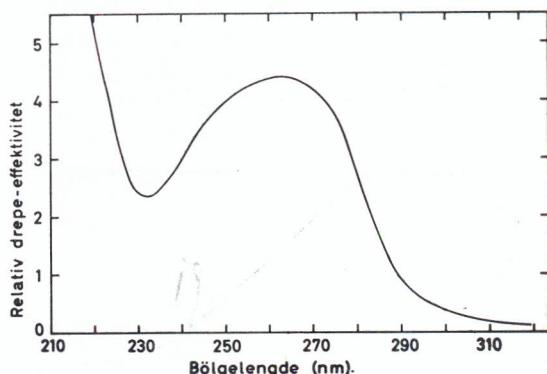


Fig. 4. Et eksempel på et aksjonsspektrum, nemlig hvor effektive forskjellige bølgelengder av ultrafiolett lys er i å drepe bakterier.

I denne figuren er strålingens effektivitet med hensyn til dreping tegnet som funksjon av bølgelengden. Vi ser en kurve med et bredt maksimum ved ca. 260 nm, og et minimum ved 230 nm. Denne kurven ligner sterkt på absorpsjonsspektrum for deoxyribonukleinsyre, DNA, som er arvestoffet. Konklusjonen av slike undersøkelser er at for dreping av bakterier med ultrafiolett lys, er ødeleggelse av arvestoffet den vesentligste prosess.

Tilsvarende har man funnet at ødeleggelse av proteiner gir et maksimum ved ca. 280 nm.

Vi vet at ultrafiolette stråler virker skadelig på røde blodlegemer. Det blir hemolyse og lekkasje av kalium ut i oppslemningsvæskeren, og hemoglobin og andre proteiner blir ødelagt. Derfor kunne vi spørre: Skyldes noen av disse skadene en virkning direkte på cellemembranen? Kan

vi studere membranens mekaniske styrke adskilt fra dens permeabilitetsegenskaper? Kan vi separere en strålevirkning som skyldes lipid fra en som skyldes protein i membranen? Disse spørsmål mener vi å kunne besvare med ja.

Når vi stiller problemet opp på denne måten har det videre sammenheng. Det er nemlig så at når høyere organismer utsettes for ioniserende stråling er sykdomsbildet svært komplisert. Det har vært hevdet at ødeleggelser av cellenes ytre og indre membraner tilsammen gir så pass store forstyrrelser i organismens velregulerte funksjon at livet bryter sammen. Selv om våre forsøk, utført med monokromatisk ultrafiolett stråling (som ikke er ioniserende), kanskje ikke er direkte rettet mot dette problem, viser de at i alle fall to forskjellige skader kan skje med membranen, én på lipid og én på protein.

Som nevnt vil erytrocyter som slemmes opp i en fortynnet saltoppløsning etter hvert hemolysere. Suspensjonen blir da klar fordi cellene ikke lenger sprer lyset. Dette gjør at vi lett kan måle graden av hemolyse ved å måle lysekstinksjonen ved en bølgelengde som ikke absorberes nevneverdig, i vårt tilfelle ved 700 nm.

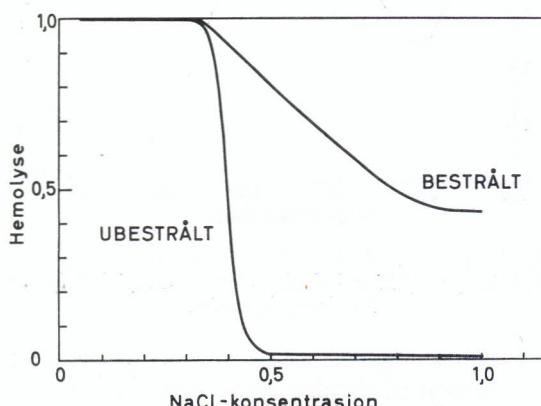


Fig. 5. Hemolysegrad av røde blodlegemer etter 4 timer i saltløsninger av forskjellig konsentrasjon. Konsentrasjon 1 svarer til 0,9 % NaCl.

Figur 5 viser hvor stor del av cellene som har hemolysert etter henstand i lang tid, her fire timer, som funksjon av saltkonsentrasjonen. Vi ser at det er en forholdsvis skarp grensekonsentrasjon, noe under 0,5 relative enheter, hvor 1 er den konsentrasjon som svarer til celenes osmotiske trykk.

I figuren er også tegnet inn en tilsvarende hemolysekurve for celler som har vært utsatt for ultrafiolett stråling. Vi ser av dette at dersom erythrocytene suspenderes i en løsning med kon-

sentrasjon 0,5, vil ubeskadigede celler praktisk talt ikke hemolysere.

Forsøk over hemolysegradens bølgelengdeavhengighet er gjort under slike betingelser. Situasjonen er altså den, at cellene befinner seg i en tilstand med høyt indre trykk på grunn av osmosen. De utsettes så for den ultrafiolette stråling, og antall celler som er hemolysert måles etterhvert..

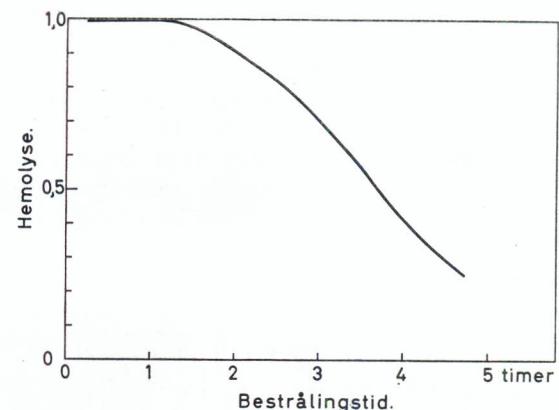


Fig. 6. Antall celler som ikke har hemolysert som funksjon av bestrålingstid.

I figur 6 er vist hvordan «overlevende» celler synker med bestrålingstiden. Ved bestråling med forskjellige bølgelengder ordnes det slik at praktisk talt den samme kurven fremkommer, idet stråleintensiteten er svært forskjellig.

Når vi så fra dataene regner ut den relative effektivitet for stråling av forskjellig bølgelengde får vi en kurve som vist i figur 7.

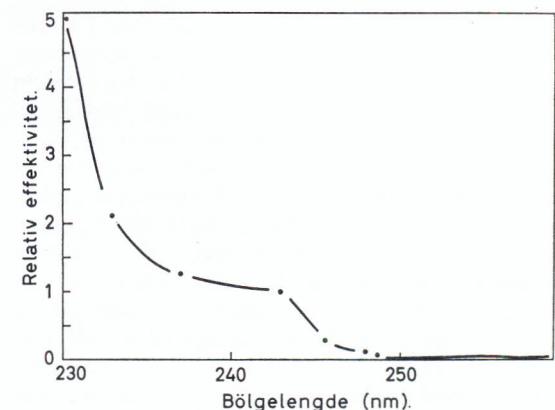


Fig. 7. Aksjonsspektrum for hemolyse.

Vi antar at det vi mäter under disse betingelser er nær forbundet med den mekaniske styrke av cellemembranen. Det aksjonsspektrum vi viser i figur 7 ligner ikke på noen måte absorpsjons-

spektret av et protein av normal type. Derimot kan det med fordel sammenlignes med lipid-spektra. De eneste kandidater for «skademolekylet» er lipider. Selsukkerarter må utelukkes, fordi de absorberer ved lengre bølgelengder.

Konklusjonen er derfor, at under de betingelser vi har arbeidet, gir et eller flere lipider den mekaniske styrke til membranen, og at vi med ultrafiolett stråling kan ødelegge styrken.

Det kalium som finnes i erytrocyter vil lekke ut dersom suspensjonsmediet er kaliumfritt, eller dersom den aktive cellen mangler næring. Lekkasjen øker ved bestråling.

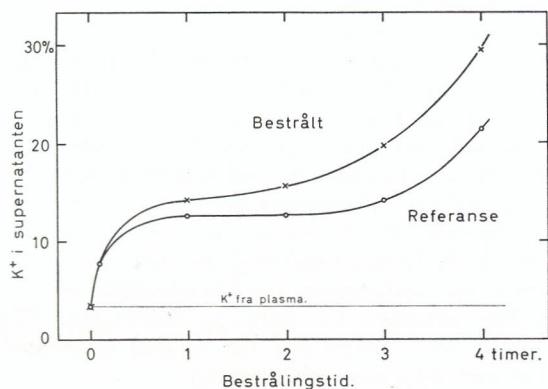


Fig. 8. Lekkasje av kalium fra ubestrålte og bestrålte røde blodlegemer.

I denne figuren er vist hvordan kalium lekker ut for ubestrålte erytrocyter, og hvordan lekkasjen øker når suspensjonen er utsatt for bestråling i løpet av forsøket. Suspensjonsmediet er en saltopplosning som er kaliumfri og har samme osmotiske trykk som cellene. Under disse forhold er den aktive transport ute av funksjon, fordi den er avhengig av en viss tilsett ouabain, et stoff som selektivt forgifter pumpmekanismen, slik at vi er ganske sikre på at det vi mäter er den passive lekkasjen, og ikke en ødeleggelse av pumpemaskineriet.

Cellene ble slemmet opp i saltlösningen, og kaliuminnholdet i mediet målt etter 4 timers bestråling. Tegner vi opp kaliumkonsentrasjonen som funksjon av bestrålingsintensiteten, får vi kurver som vist i figur 9.

Slike kurver er tatt opp for hver bølgelengde som er undersøkt. Vi kan, av disse kurvene, plukke ut den intensitet som gir en viss lekkasje under de standardbetingelsene som brukes, og den inverse av denne intensitet er et mål for effektiviteten av lys av den gitte bølgelengde med hensyn til å frembringe lekkasjen. Vi finner

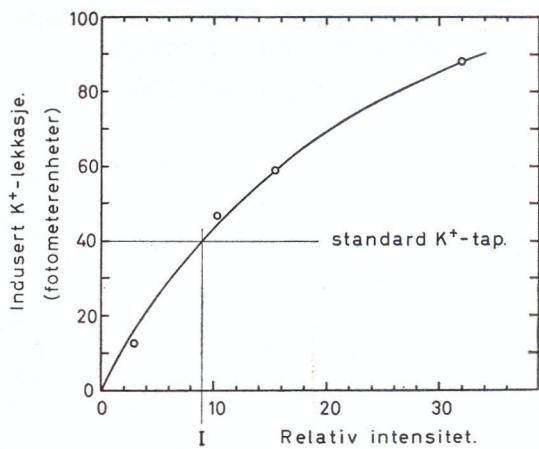


Fig. 9. Lekkasje av kalium etter fire timers bestråling som funksjon av intensiteten.

her en helt annen bølgelengdeavhengighet enn vi fant for hemolysen, se figur 10.

Punktene angir resultatene og kurven er spektret av et protein. Vi antar på grunnlag av dette at kalium-lekkasjen skyldes ødeleggelse av protein.

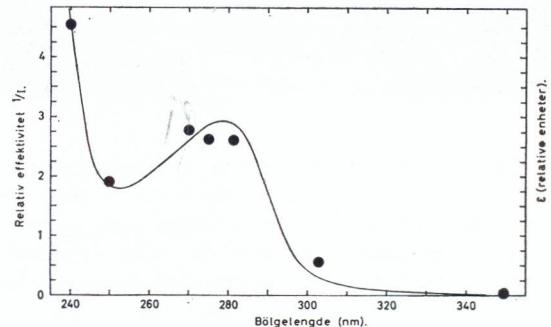


Fig. 10. Aksjonsspektrum for kaliumlekkasjen

Et slikt resultat kunne selvsagt fremkomme ved at et nativt protein bandt kalium, og at bindingsevnen ble ødelagt ved ultrafiolett bestråling. Imidlertid er slike effekter ikke blitt beskrevet, og en rekke data foreligger i litteraturen, som fastlegger kaliumlekkasjens årsak til en membranskade.

Altså, den normale membrans lave kaliumpermeabilitet skyldes et protein, når proteinet ødelegges, blir membranen lekk.

Vi vil gjerne takke professor Aadne Ore for all mulig oppmuntring. Data for hemolyse-eksperimentene er fra Dagrunn Moen Synnes' hovedfagsarbeide ved Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo. Innledende eksperimenter ble utført ved Flymedisinsk Institutt, Blindern, som også velvillig lot oss låne deres flamme-fotometer.

DEN NORDISKE KONFERANSEN I FASTSTOFF-FYSIKK 22-26 AUGUST 1966

Tormod Riste.

Denne konferansen vart halden i Tylösand ved Halmstad og var den andre i sitt slag. Den første vart halden på Rondane Høgfjellshotell i januar 1965. Auken i deltakartalet frå 120 i 1965 til 245 i 1966 er rimeligvis eit godt mål på den voksteren som dette fagområdet gjennomgår. Professor Stig Lundquist fra Chalmers Tekniska Høgskola i Göteborg som denne gongen hadde hovudansvaret for konferansen spådde ved Rondane-møtet at faststoff-fysikken ville utgjere meir enn halvparten av fysikk-forskninga ved universiteta om 5—10 år. Skal ein døme etter utviklinga frå Rondane til Tylösand var dette ein heller pessimistisk spådom.



Tylösand Havsbad.

Programmet var lagt opp med morgonsesjonar med inviterte foredrag. I desse vart det gjeve oversyn over sentrale emne eller nye, interessante emne innafor fagområdet. Om ettermiddagen var det kortare foredrag i fleire parallelle sesjonar for dei ymse emne-områda i faststoff-fysikk: gittersvingingar, bandstruktur og Fermi-flater, dislokasjonar, punktefel, supraleiing, transports eigenskapar, magnetisme, fotoemisjon og teori. Det var i alt innmelde 110 foredrag så det vart eit hardt program for eit fem dagars møte. Mange klaga då også for at det vart for lite tid til å nyte badelivet på den fine sandstranda ved hotella der vi budde.

Professor Nils Meyer frå Danmarks Tekniske Højskole fortalte i åpningsforedraget om planane for eit nordeuropeisk senter for materialforskning. Desse planane fortener særskild omtale i dette tidsskriftet, så eg skal her berre gje att noko av samandraget av det skrivne framlegget: «Det blir gjort framlegg om eit nord-europeisk senter for materialforskning for nokre av dei mindre europeiske landa; t. d. Belgia, Danmark, Finland, Island, Luxemburg, Neder-

land, Norge, Polen og Sverige. Sentret er tenkt å vere ein interdisiplinær organisasjon for høgre (graduate) studium og forskning. Personalet er tenkt å omfatte 45 vitkapsmenn i staben, 75 «juniorar» og vidarekomne studenter, dessutan eit hjelpepersonale på 150. Det vil vere nødvendig med bygningar på i alt 14 000 m² og tomta må minst vere på 14 hektar».

Om plasseringa gav professor Meyer disse kriteria: instituttet må ligge i nærliken av ein flyplass, ein stor by, eit eksisterande eller eit planlagt universitet, ein stor forskningsreaktor.

Det var stor interesse for desse planane, men ingen offisielle synspunkt kom fram. I det neste foredraget vart det gjort greie for dei britiske planane om eit materialforskningsenter i Harwell. Visedirektøren ved det britiske atomforskningssentret, W. Marshall, tala om dette. Ein går vel ingen si ære for nær om ein seier at Marshall vart den dominerande personen både ved dette foredraget og ved si flittige deltaking i dei faglege diskusjonane seinare.

Harwell har til denne tid vore sentret for britisk atomenergiforskning. Britane har no utvikla sin reaktortype og hovedtyngda av det vidare arbeidet vil falle på industrien. Ein komite har vurdert kva ein så skal gjere med Harwell med sine 6000 tilsette, av desse 1400 vitkapsmenn. Det er ikkje her tale om «naudsarbeid», britiske universitet, industri osv. står klar til å ta imot desse folka. Komiteen har kome til at det er ønskeleg å ta opp materialforskning i stor breidd ved Harwell. Til denne tid har ein ved dette forskningsentret arbeidt med materialproblem for atomkraft-industrien, etter dei nye planane skal sentret bli til generell nytte for industrien. Den materialforskinga ein vil ta opp skal spenne over faststoff-fysikk, -kjemi, -metallurgi, væskefysikk, overflatefysikk. Planane for utbygginga og programmet elles går fram av desse elleve punkta som komiteen har samla seg om:

1. ein høgfluksreaktor på 2×10^{15} nøytronar cm⁻² sek⁻¹
2. eit magnetlaboratorium med konstante felt opptil 300 kilogauss
3. kjeramikk-forskning
4. ikkje-destruktiv analyse
5. uteksperimentering av andre analysemetoder
6. høgtemperatur-korrosjon
7. høgtemperatur-kjemi
8. krystallgroing
9. lågenergi kjernefysikk
10. ein stor elektronisk reknemaskin med «online» tilkoppling
11. 30—40 mindre reknemaskiner

Marshall kommenterte og motiverte dette programmet som ser ut til å få sterk støtte. Som ein ser vil arbeidet også omfatte fundamental forskning, dette blir meir og meir nødvendig etter som utviklinga går mot stadig meir kompliserte produkt. Krava til analyse og kvalitetsprøving av materiala aukar og nye metoder til dette må utprøvast.

Mange vil stusse over at lågenergifyskikk er teke med på lista. Marshall motiverte dette slik: høgnergifyskikken er i ferd med å verte ein svært spesialisert og dyr vitskap som utviklar seg uavhengig av dei fleste andre fagområda. Lågnergifyskikken har derimot sterkt tilknytning til faststoff-fysikken, t. d. ved Møssbauereffekt, masseanalyse ved akselerator, kanalgjennomgang av lada partiklar i krystallar, biologi ved akseleratorstråling.

Marshall kommenterte planane om ein høg-fluksreaktor ved å seie at nøytronet er eit unikt hjelpemiddel i faststoff-fysikk. Det kan i prinsippet gje svar på alle problem dersom nøytronstrålen er intens nok. Dette er grunnen til den store pågangen av britiske universitetsfolk for å få bruke nøytronstrålene i Harwell.

Det er elles vanskeleg å dra fram noko ein skildforedrag frå den store mengde ved denne konferansen. Av nyare emne hadde supraleing ein brei plass. Når det gjeld nyare eksperimental-teknikk fekk nøytronmetoden ein framskoten plass. Dessutan kan det vere grunn til å framheve dr. Nordlings foredrag om spektroskopisk studium av atom og molekul i faste stoff, ein metode som er utvikla ved Universitetet i Uppsala.

Frå norsk side møtte Fysisk Institutt ved Universitetet i Oslo med flest representantar og desse kom i høg grad til å prege sesjonane om dislokasjonar. Ein må kunne karakterisere det som imponerande at denne gruppa har nådd ei slik breidde innanfor den trange ramma som norske universitets-loyvingar gjev. Det er interessant å studere utviklinga i faststoff-fysikk i Norden slik som den går fram av dei gruppearportane som var innsende til dei to møta i 1965 og 1966. Det er tydeleg at dei norske faggruppene har fått ein relativt tidleg start, men også at utvikling i dei andre landa er meir eksplasiv. Både i Göteborg, i København og andre stader finn vi fleire professorar i brodden for dette fagområdet, i Oslo berre ein. Dei nye universiteta i dei andre landa følgjer også med i utviklinga, både Oulu og Umeå har professorar i faststoff-fysikk, men Bergen har ingen.

Konferansen i Rondane skulle i første rekka skape kontakt mellom dei nordiske faggruppene. I Tylösand kunne ein i større grad legge vekt på foredrag og diskusjonar av høg fagleg klasse. Dette greidde ein, ikkje minst ved dei 26 framståande utanlandske gjestene. Men fleire av dei nordiske representantane gjorde seg og godt gjeldande, blant andre dei svenske æresgjestene professorane Borelius, Linde og Waller. Den svenske arrangementskomiteen har stor ære av konferansen.

BØKER:

A. Matveyev: *Principles of Electrodynamics*. Reinhold Publ. Corp. Chapman and Hall Ltd., London 1966. Oversatt av Leon F. Landowitz. 415 sider, pris 12.00 dollars.

Denne boken er en fremstilling av klassisk elektromagnetisk teori, og er beregnet som lærebok på et mellom-nivå. Den er delt i tre deler hvor den første er fenomenologisk elektromagnetisme. Maxwells ligninger blir introdusert, og så følger deres anvendelse på elektrostatiske, magnetostatiske og kvasistatiske felt. Denne del avsluttes med generering og forplantning av elektromagnetiske bølger. Andre del er elektroneteori og behandler vekselvirkning mellom ladninger og felt, dielektrika, magnetiske stoffer og ledere. Siste del er viet til spesiell relativitetsteori. Etter en fyldig introduksjon til relativitetsprinsippet og Lorentztransformasjon følger anwendelser i elektrodynamikk og mekanikk.

Boken er meget greitt og oversiktlig ordnet. Fremstillingen er kortfattet og sparsom bruk av avansert matematikk gjør boken lettlest. Den inneholder også en rikholdig samling problemer med løsninger etter hvert kapittel, og skulle i det hele tatt være velegnet som støtte for undervisningen. MKSA-systemet er benyttet.

Den knappe fremstilling går imidlertid noe ut over nøyaktigheten. F.eks. er reelle størrelser som strøm og feltstyrke ofte angitt som komplekse. Bruken av begrepet relativistisk masse er vel også mindre fruktbart enn egnet til å skape misforståelser. Det synes unødvendig å erstatte den vel innarbeidete betegnelse four vector med four dimensional vector. Det forekommer også grove feil som når det på side 356 sies at et akselerert elektronstråler isotrop i sitt hvilesystem.

Kjell Mork.

F. Rohrlich: Classical Charged Particles.
Addison-Wesley Publ. Co. INC., Reading,
Massachusetts USA 1965. 305 sider. Pris
12.50 dollars.

Forfatteren av denne boken har lenge vært sterkt oppatt av problemene omkring en klassisk ladet partikkel, og har selv bidratt til å avklare en del av disse. Fremstillingen er derfor vel ajourført og er merket av et førstehånds kjennskap til stoffet. Boken er ment å fylle et hull i den konvensjonelle presentasjon av emnet, og koncentrerer seg om å utdype forståelsen av de fundamentale begrepene uten å gå **serlig inn** på anvendelsene.

Boken åpner med et kort kapittel om filosofi og logikk i fysiske teorier, og fortsetter med en liten historikk. Deretter behandles prinsippene for spesiell og generell relativitetsteori, kausalitet og bevarelseslover. I kap. 4 drøftes Maxwell-Lorentz ligningene i kovariant formalisme, og kap. 5 behandler utstråling fra ladninger. I kap. 6 og 7 gjennomgås klassisk teori for ladede partikler med eller uten struktur, deres bevegelsesligninger og en del spesielle løsninger. Relasjoner til kvantemekanikk, generell relativitetsteori og mer videregående prinsipper blir behandlet i kap. 8 og 9. To fyldige appendiks om rom-tid og spesiell og generell relativitetsteori avslutter boken.

Som det fremgår av oversikten ovenfor trekker forfatteren inn de mest avanserte fysiske prinsipper, og boken vil derfor ikke være lett tilgjengelig for en ikke-spesialist. For den som er spesielt interessert i emnet gir imidlertid boken en utmerket oversikt.

Ifølge bokens forfatter er den teoretiske beskrivelse av en klassisk ladet partikkel nå fullstendig tilfredsstillende. Enkelte vil kanskje synes at dette er sterkt sagt. Man må f.eks. akseptere fenomener som preakselerasjon og manglende kausalitet. Det er også vanskelig å dele forfatterens optimisme når det gjelder nyttene av den klassiske teori som grunnlag for nye fremskritt i elementærpartikkelfysikken, når vi allerede vet at elementærpartiklene fysikk avviker radikalt fra den klassiske.

Kjell Mork.

Advanced Quantum Theory av Paul Roman.
Addison-Wesley Publishing Company, 1965
735 s., pris kr. 132,—.

I skredet av lærebøker i kvantemekanikk er dette en som ruver, og det ikke bare ved et imponerende sidetall. Den skiller seg fra det store gross ved at den er «advanced»: man leter forgives etter vannstoffatom og sort stråling. Forfatteren sier at hensikten er — in a gentle manner — å lede studenten fra kvantemekanikkens grunnlag, som han forutsettes å beherske, og frem til dagsaktuelle metoder og begreper.

Stoffet er ordnet i tre deler. I første del finner vi «The Framework of Quantum Mechanics», herunder suparseleksjonsregler, Schwingers virkningsprinsipp, annenkantisering, tetthetsmatriser og elementene av den relativistiske kvantemekanikk (det siste i velkjent Schiff-stil og uten avanserte synspunkter). Så følger neste del 350 sider spredningsteori, herunder Green-funksjoner, partialbølger, dispersjonsrelasjoner, Regge-polær, S-matriser, Feynmann-diagrammer, diagrammatisk pertubasjonsteori for flerpartikkelsystemer. I siste del finner vi symmetritransformasjoner og konserveringssatser, rominversjon, tidsreversjon, isospinn, litt SU₃, og forørig anvendelser av gruppeteoretiske metoder.

Relativistisk kvantefeltteori er helt utelatt.

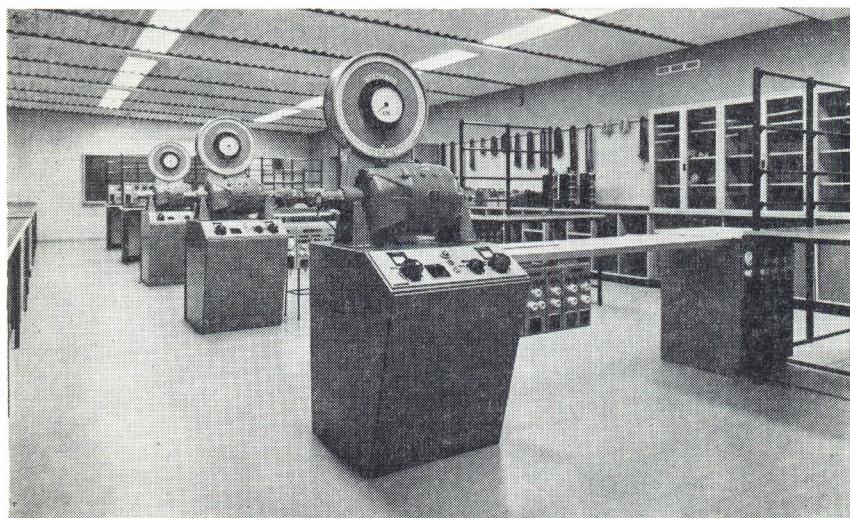
Hvert kapitel avsluttes med et sammendrag hvor tingene forsøkes sett i litt videre perspektiv, samt med et fyldig utvalg av interessante regneoppgaver. Det er i alt over 200.

Det er rikelig med referanser til andre lærebøker, men heller sparsomt med hensyn til orginalkildene.

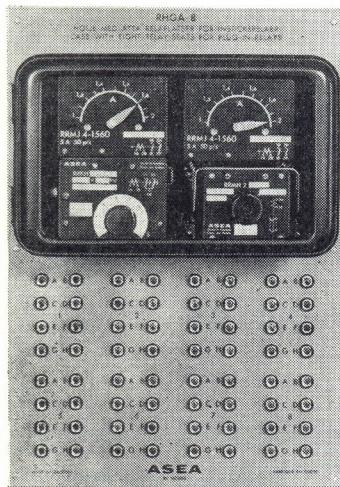
Boka inneholder neppe emner som ikke dekkes av andre lærebøker. Alt er forsiktig velkjent stoff, og fremstilt på tradisjonell måte. Noen spennende roman er det ikke. Noen få steder kan man finne feil eller uehellige formuleringer (som nederside 501).

På ett område er Roman suverén, nemlig når det gjelder å gi en konsentrert fremstilling av et matematisk emne (som f.eks. i første kapitel i hans forrige bok «Theory of Elementary Particles»). I en appendix-avdeling på 90 sider finner vi utmerkede avsnitt om lineær algebra, Hilbertrom, gruppettoeri, Diracaligning og Green-funksjoner.

Erik Eriksen



Laboratorium med elektriske momentvekter



Relésentral med reléer av innstikkstypen for enkel tilkopling med bananstikker.

ASEA

Komplette utrustninger for
undervisning — forskning —
laboratorier og demonstrasjoner.

Dessuten leveres laboratorieapparater som: nettmodell, belastningsmotstand, belastningskondensator, belastningsreaktor, kontaktorer og instrumenter.

A% Per Kure

Fra Fysikkens Verden

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

Redaksjonskomite: Rektor Finn Berntsen, Strinda Høg.
Almenskole, Trondheim.
Universitetslektor Wilhelm Læchstøer
Universitetet, Blinder.
Dr. philos. Tormod Riste, Institutt for
Atomenergi, Kjeller.
Professor Steingrim Skavlem, Univer-
sitetet i Bergen.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN,
Genève.

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

Teknisk medarbeider: Siv.ing. Knut Lønvik, N. T. H.

Annonsør: Siv.ing. Knut Lønvik, N. T. H.
Korrektur —, —

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement
kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedi-
sjonen. Årsabonnement kr. 15,—. Årsabonnement for studen-
ter og skolelever kr. 10,—.

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

Postgirokonto: 10472

Bankgirokonto: 236545-28

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Njål Hole

Styre: Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Aadne Ore
Professor dr. Harald Trefall
Dr. philos. Tormod Riste

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

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

SCINTIFIC AMERICAN utgir som kjent særtrykk av de beste
artiklene.

Bokhandelen ved NTH og NLHT prøver å holde komplett
lager av disse (noe som er vanskelig da avgangen er meget
rask!) og De er volkommen inn for å «browse» i hundrevis
av titler!

T A P I R
NTH — NLHT