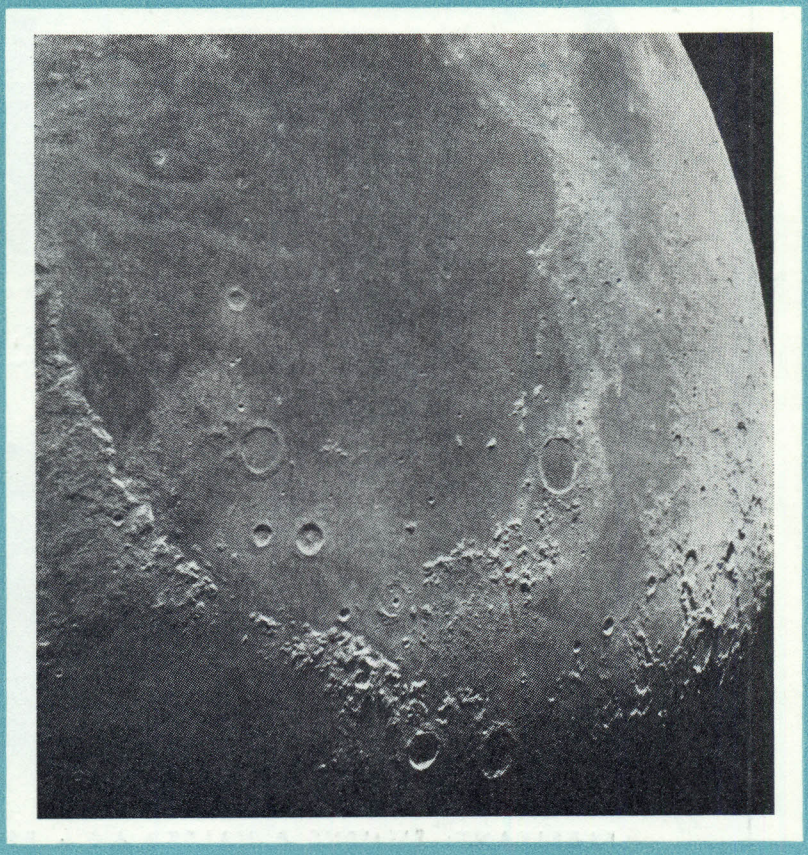
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Ny akselerator	25
Hva er månen laget av?	26
Synfaring i Sovjet	31
Laserens virkemåte	33
Vårt tidsbegrep	36
Høyre-venstre asymmetrien i moderne fysikk	39
Bøker	42
AHA-spalten	43
Fysikermøtet 1962	44
Brev fra leserne	47



Hva er månen laget av?
(s. 26)

Nr. 2 - 1962
24. årgang

SIEMENS

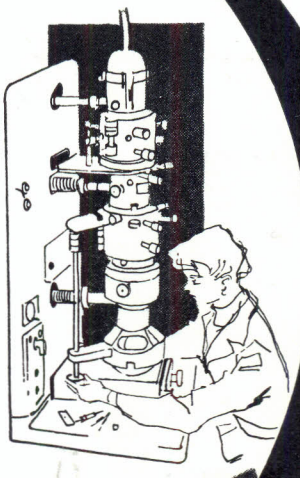
1,4 mμ

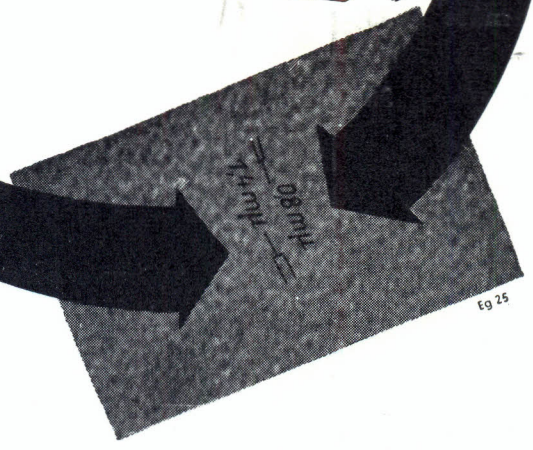
Oppløsningsevnen er ca. en milliontedels mm!

Med elektronmikroskopet ELMISKOP I er i praksis oppnådd 1,5 mμ oppløsningsevne.
Katodespenninger:
40, 60, 80 og 100 kV.

For den spesielle preparasjonsteknikk leverer vi:

Apparat for vakumpådampning av metallskikt.
Ultralydapparat.





Prøveopptak med pådampet platin-iridium skikt.
Total forstørrelse 1 000 000 : 1.

FABRIKANT: SIEMENS & HALSKE AG · BERLIN · MÜNCHEN

AKSJESELSKAPET
PROTON

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 2 - 1962

Redaktør: HAAKON OLSEN

24. årgang

Det gleder oss meget at det ser ut som Fra Fysikkens Verden i sin nye skikkelse er blitt møtt med velvilje fra abonnentene.

Det ser også ut til at vår spalte for leserbrev har vunnet interesse. Temaet vaskebrett på våre veger — og i våre skiløyper — synes å være av alminnelig interesse, men ennå har ingen gitt noen riktig forklaring på hvordan og hvorfor vaskebrett oppstår. Så her vil kanskje våre lesere kunne bidra til et aktuelt problems løsning. Et par andre emner som er tatt opp av våre lesere i dette nummers brev fra leserne vil sikkert også føre til befruktende diskusjon.

Vet De hva månen er laget av? Ikke vi heller, og så vidt vi vet, er det heller ingen andre som sitter inne med sikre opplysninger om dette. Hva som er skaffet til veie av indirekte opplysninger om månens struktur, er emnet for høgskolelektor Finn Bakkes artikkel i dette nummer.

Laseren, den optiske generator og forsterker, vil nok i fremtiden finne en rekke anvendelser i fysikk og teknikk. Vi håper at siv.ing. Nygaards artikkel, som vi bringer første del av i dette nummer, vil gi våre lesere en orientering om virkemåte og anvendelser for dette nye instrument.

I sommer er det blitt avholdt en konferanse om forsøksundervisningen i den høgre skole, det såkalte PSSC-programmet (se rektor Berntsens artikkel i Fra Fysikkens Verden, hefte 1, 1962). Konferansen fant sted i Ørebro og representanter fra den høgre skole i Danmark, Sverige og Norge deltok. Vi bringer i neste nummer et utførlig referat fra konferansen.

Vi kan ikke unnlate å betro våre lesere at ingen ennå har sendt oss riktige løsninger av problemene i hefte 1, så vi konstaterer med tilfredshet at problemene ikke var for lette.

LINEÆR AKSELERATOR UNDER KONSTRUKSJON

Ved National Bureau of Standards nye laboratorier i Gaithersburg i Maryland er under konstruksjon en lineær elektron-akselerator som ventes å være i drift i løpet av 1964. Den maksimale elektron-energi blir 130 MeV med maksimal midlere strømstyrke opp til en halv milliampere. Maskinen består av 9 seksjoner og har en total lengde på 22.5 meter.

Foruten elektroner kan maskinen levere en uhyre sterk gammastråle som produseres ved bremsestråling i et target som settes inn i elektronstrålen. Effekten i gammastrålen blir anslått til 200 watt pr. cm^2 i en avstand av en meter fra bremsestrålings-target. Det vil også være mulig å produsere positroner ved pardannelsesprosessen med stråleintensiteter opp mot 10^{11} positroner per sekund i et energiintervall på omkring 1 MeV.

Det ser også ut til at eksperimentalistens drøm om en monoenergetisk høyenergi gammastråle skal la seg realisere. Ved å la en monoenergetisk positronstråle falle inn mot et tynt target (LiH er foreslått), får en en sterk monoenergetisk gammastråle fra annihilasjonen av positronene. Gammastrålens energi ligger omkring 1 MeV over toppen av positron-bremsespektret, og intensiteten er anslått til 10^6 fotoner pr. sekund i et energiintervall på 1 MeV.

En sterk nøytronstråle, på omkring 10^{13} nøytroner pr. sekund kan oppnås ved absorpsjon av elektronene fra akseleratoren i passende materialer.

Denne akseleratoren vil som man skjønner, kunne brukes til en stor mengde forskjellige eksperimenter innenfor høyenergifysikken.

Maskinen er beregnet å koste over 12 millioner kroner. I tillegg til dette kommer et like stort beløp til eksperimentelt utstyr.

Hva er månen laget av?

Finn Bakke

Jesper: Jeg vil min tro intet høre derom! Jeg måtte jo være gal, om jeg troede sådant. Jorden skulde vælte sig om, og vi skulde ikke falde hovedkulds fanden i vold ned i afgrunden? Ha, ha, ha! Men min kjære monsieur Berg, hvoraf kommer det, at månen er undertiden så liden, undertiden så stor?

Montanus: Om jeg nu siger Jer det, vil I dog ikke tro det.

Jesper: Ak, vær så god og sig mig det.

Montanus: Det kommer deraf, at når månen er voksen til, klipper man stykker af den for at gjøre stjerner af.

Jesper: Det er min tro curiøskt, jeg vidste det min tro ikke tilforn. Dersom man klippede ikke stykker af den, vilde den vokse alt for stor og blive så bred som hele Sjælland. Naturen regjerer dog alting meget viseligen. Men hvoraf kommer det, at månen varmer ikke så vel som solen, da den dog er lige så stor?

Montanus: Det kommer deraf, at månen er intet lys, men af samme mørke materie som jorden, der låner sit lys og skin af solen.

Jesper: Ha, ha, ha, ha, ha, ha, lad os tale om noget andet. Det er noget forstyrret tøi, man kan blive katolsk i hovedet deraf.

Hva er månen laget av? Dette er et spørsmål som har opptatt menneskene til alle tider. I dag er nok teoriene om gul ost, messingskive eller liknende definitivt avskrevet, men likevel vet en svært lite sikkert om månens sammensetning. Riktignok er det samlet et veld av måledata fra månens overflate, men tydningen av dem er ennå ubestemte og tildels motstridende, og om månens indre kan vi bare trekke indirekte slutninger.

Meget av dette vil endre seg vesentlig når en får en satelitt i bane rundt månen og får plassert instrumenter på månens overflate.

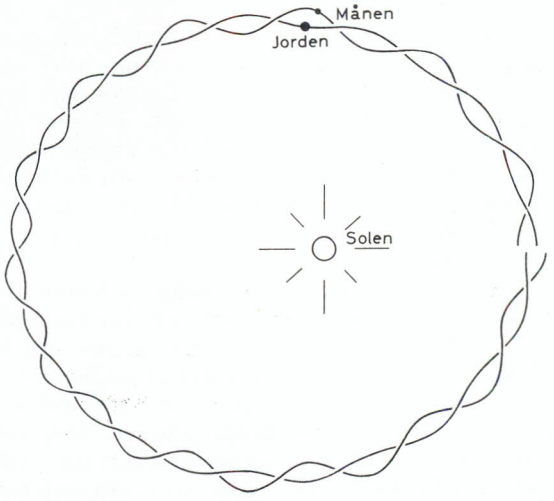
En nøyaktigere undersøkelse av månen vil ikke bare tilfredsstille vår nysgjerrighet med hensyn til månens sammensetning, men også kunne gi verdifulle opplysninger om solsystemets dannelse og historie. Da det ikke foregår noen vesentlig nedbrytende virksomhet på måneoverflaten, vil de forskjellige trekk i den være bevart omtrent uforandret fra den gang de ble dannet.

Vi skal i det følgende se litt på hva en idag vet og antar om månens overflate og dens indre, og hvilke målinger som det i denne forbindelsg vil være av betydning å få utført ved en landine på månen.

Månens bevegelse.

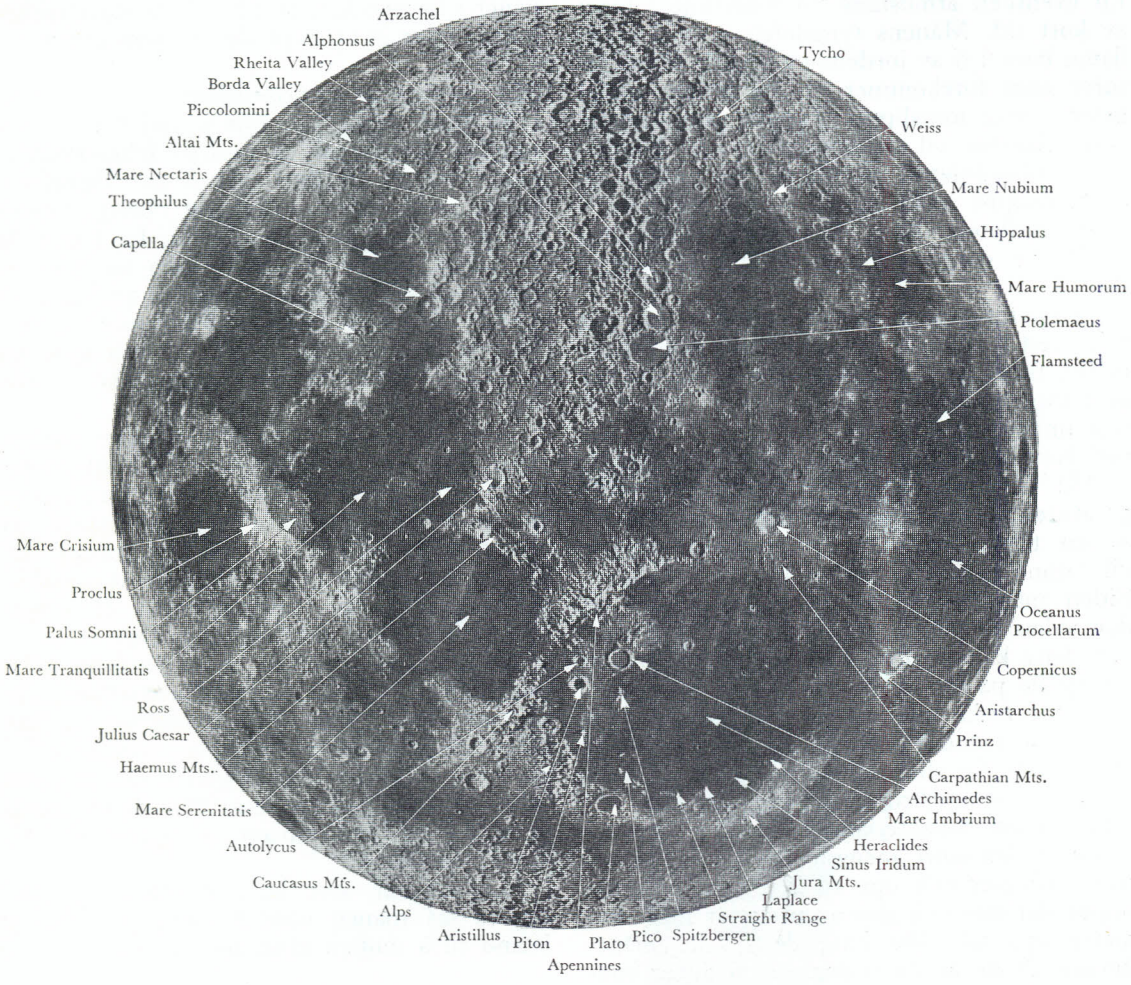
Månen er strengt tatt ingen satelitt til jorden. Solens tiltrekningskraft på månen er nemlig omtrent 800 ganger sterkere enn jordens slik at det er riktigere å oppfatte månen og jorden som et par tvillingplaneter. Den relativt svake tiltrekningen mellom dem er likevel sterk nok til at de holder følge med hverandre. Deres felles tyngdepunkt beskriver en ellipsebane rundt solen, mens de selv går i langstrakte spiralbaner rundt denne ellipsebanen. (Figur 2).

Sett fra jorden vil månen beskrive en ellipsebane rundt jorden. På grunn av denne ellipseformen og også på grunn av at den aksen som månen selv roterer om, heller litt mot månebanens plan, vil ikke månen alltid vende nøyaktig den samme del av overflaten mot jorden. Månens rotasjon rundt sin egen akse foregår med jevn hastighet, mens hastigheten i banen varierer. Litt av baksiden vil derfor bli synlig ved vekselvis høyre og venstre kant av måneskiven. Måneaksens helning fører til at det også blir en halv måneds «mid-



Figur 2. Jordens og månens bane rundt solen. Spiralbanens avvikelse fra ellipsebanen er sterkt overdrevet.

Siv.ing. Finn Bakke er lektor ved Institutt for teoretisk fysikk, N.T.H., Trondheim.



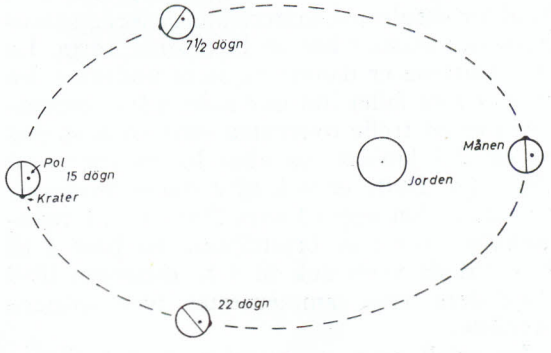
Figur 1. Månens forside. Bildet står opp-ned slik som det sees gjennom et teleskop. (Foto: Leck Observatory).

nattsjord», vekselvis i traktene rundt månens nordpol og sydpol. (Figur 3). Disse vrikkingene gjør at vi etterhvert får se 59 % av månens overflate mens altså bare 41 % aldri blir synlig for os.

Månens overflate.

Månen har en fullstendig død overflate. Den er dekket av et millimetertykt støvlag og under dette ligger det over størstedelen av overflaten en varmeisolerende steinsort, sannsynligvis en slags pimpstein.

Ikke et vindpust kan få støvet til å hvirvle opp da månen er helt uten atmosfære. Polarisasjonsmålinger av det spredte lyset viser nemlig at atmosfæretrykket må være mindre enn en milliardedel av jordatmosfærens trykk.



Figur 3. Viser hvordan månens nordpol og et krater ved randet veksler mellom å være synlige og usynlige fra jorden.

En eventuell atmosfære vil forsvinne i løpet av kort tid. Månens tyngdefelt er ved overflaten bare 1/6 av jordens og ved de temperaturer som forekommer vil de lettere molekyler hurtig unnslippe. Tyngre sammensatte gassmolekyler vil dekomponeres av den intense ultrafiolette strålingen fra solen og så unnslippe eller reagere med stoffene i måneoverflaten. Bare de tyngste edelgassene vil kunne danne en atmosfære i litt lengre tid.

Temperaturen på måneoverflaten kan en måle ved å plassere et termoelement i billedplanet til et stort teleskop. Det er da funnet at temperaturen ved fullmåne er + 134 °C rett under solen, mens den er + 67 °C ute ved kanten. På nattsiden er den helt nede i — 153 °C. Under måneformørkelse gjør temperaturen nesten hele dette spranget i løpet av en time. Dette hurtige temperaturskifte vil kunne sprenge steinen i måneoverflaten. Siden måneformørkelse bare finner sted på den siden av månen som vender mot jorden, kan dette kanskje føre til at overflaten er noe forskjellig på forsiden og baksiden av månen.

Denne raske temperaturforandringen tyder også på at månens overflate må være en dårlig varmeleder, for ellers ville temperaturen jevnes ut ved varmetilstrømning innenfra.

Det mest karakteristiske trekk ved overflaten er den store mengden av kratere, noen med diameter helt opp til 200 km. Dessuten finnes det store ringformede sletter med diameter opp til 1100 km., de såkalte månehavene. Noen av de kraterne som ligger konsentrert langs sprekker i måneoverflaten er muligens av vulkansk opprinnelse, men de aller fleste er høyst sannsynlig eksplosjonskratere. Forholdet mellom kraterdybde og diameter passer godt med det tilsvarende forhold for eksplosjonskratere her på jorden mens jordiske vulkaner har en helt annen form. En tror kraterne er dannet av store meteorer. En meteor som faller inn mot månen fra verdensrommet vil treffe overflaten med en hastighet på ca. 2,4 km/sek. og altså ha en enegri på 690 cal/g. Dette er nok til å smelte meteoren og varme den opp til over 2000 °C. Et vanninnhold i form av krystallvann på bare 1 til 2 % vil da være nok til å få meteoren til å eksplodere ved sammenstøtet mot månens overflate.

Ihvertfall noen av månehavene må sikkert være dannet av lava fra slike svære meteoreksplosjoner, kanskje sammen med lava fra dypere lag av månen selv. For kratere som ligger i havene kan en bestemme aldersrekkefølgen etter hvor dypt de er sunket ned.

Månens form og massefordeling.

Månens masse kan finnes ved å måle avstanden til månens og jordens felles tyngdepunkt. Dette punktet går i en ellipsebane rundt solen mens jorden og månen roterer rundt det som forklart ovenfor. En finner da at månen veier $7.32 \cdot 10^{19}$ tonn og med en radius på 1738 km blir midlere tetthet 3.34 g/cm^3. Dette er meget mindre enn jordens midlere tetthet 5.52 g/cm^3, og kan tyde på at månen ikke har noen jern-nikkel kjerne slik som jorden.

Små ujevnheter i månens rotasjon om sin egen akse viser at månen må være litt tyngre i den retningen som peker mot jorden. Det er da mest nærliggende å anta at månen på denne siden har en ca. 1 km høy hevelse. En direkte måling av denne hevelsen er imidlertid vanskelig da måneoverflaten er meget ujevn med opptil 8000 m høye fjell.

En antar at hevelsen er en størknet tidevannsbølge fra den gang måneoverflaten var flytende lava. Idag ville imidlertid en slik tidevannsbølge på en flytende måne bare bli ca. 80 m høy. Men hvis månen da den størknet ikke var lenger borte enn 100 000 km, altså bare 1/4 av den nåværende avstanden, vil høyden stemme.

Skal en slik stor hevelse kunne opprettholdes må månen være forholdsvis solid og istand til å motstå store spenninger.

Månens termiske tilstand.

Månens termiske tilstand er bestemt av mengden og fordelingen av de radioaktive stoffene, varmeledningsevnen og begynnelsestemperaturen.

En antar at de radioaktive stoffene er jevnt fordelt og at mengdene av dem er som i chondrit-meteorer dvs. ca 10^{-8} vektdeler uran og thorium og ca 10^{-4} vektdeler kalium-40. Dette fører til en varmeproduksjon på ca 10^{-15} cal/g sek. Med en begynnelsestemperatur på 0 °C for 4.5 milliard år siden ville da temperaturen i månens sentrum idag være ca 1800 °C og ca 700 °C i en dybde av 200 km. En begynnelsestemperatur på 600 °C ville gi henholdsvis 2400 °C og 800 °C. Varmestrømmen ut gjennom månens overflate ville i de to tilfellene være henholdsvis $25 \cdot 10^{-8}$ og $30 \cdot 10^{-8}$ cal/cm^2 sek. De ytterste 400–500 km av månen avkjøles, mens de andre deler ennå stadig blir varmere. I begge tilfellene vil jern

være smeltet innenfor en radius på 1000–1300 km, mens silikater bare vil være smeltet i det varmeste tilfellet. Nå viser den store deformasjonen av månen at den må være meget solid slik at den neppe har noen stor smeltet kjerne. Da må radioaktiviteten i månen være mindre enn i chondrit-meteorene, eller den må være konsentrert utover mot overflaten.

Spenninger.

Oppvarmingen av de indre lag fører til at de utvider seg, mens de ytre lag ikke gjør det. Dette fører til spenninger som så vil utløses og gi rystelser når de kommer over den grensen bergarten kan tåle. Slike utvidelser eller sammentrekninger skulle ha satt merker i månens overflate. Det skulle være lett å oppdage store forkastninger på månen da de ikke kan bli dekket av sedimenter eller hav. Nå har en ikke observert et eneste tilfelle der en del av et månekrater er forskjøvet horisontalt i forhold til resten. Derimot ser det ut til å ha foregått en vertikal forskyvning i noen få kratere. En skulle vært istand til å oppdage forskyvninger svarende til en forandring av måneradien på ned til 1 km.

Dette tyder på at månens øverste lag har hatt nokså konstant temperatur helt siden kraterne ble dannet. Varmetilførselen fra månens indre må da akkurat oppveie varmeutstrømningen fra overflaten. Beregningene av temperaturforholdene omtalt i forrige avsnitt fører til at månens radius har øket med 4–5 km i løpet av de første 2–3 milliarder år og siden har holdt seg nokså konstant. Hvis da måneoverflaten har fått sin vesentlige struktur i løpet av de siste 2 milliarder år stemmer dette med observasjonene. Er måneoverflaten eldre må antakelsene om innholdet av radioaktiviteten eller om varmeledningsevnen modifiseres. Mindre radioaktivitet vil gi mindre utvidelse. Det samme vil en konsentrasjon av radioaktiviteten nær overflaten gi.

I modellen vår varmes månens indre opp mens dens ytre stort sett har konstant temperatur. Dette vil da gi spenningsdannelser flere hundre kilometer ned i månen. Med det innhold av radioaktivitet som vi har regnet med, skulle det bli spenningsenergier av samme størrelsesorden som på jorden som må frigjøres ved disse dyptliggende «måne»-skjelv.

En annen årsak til elastiske spenninger og sprekkdannelser i månens overflate er jordens tidevannseffekt på månen. Månen går i en nokså utpreget ellipsebane rundt jorden med avstand varierende mellom 357 000 km og 407 000 km. Hadde månen hatt et væskefylt hav på det sted som vender mot jorden ville dette gitt en forskjell på 16 m mellom flo og fjære.

Månens historie.

Ut fra økingen i månens omløpstid og jordens rotasjonstid finner en at måne-jord systemet taper kinetisk energi med en hastighet av ca $3 \cdot 10^{19}$ erg/sek. Dette tapet skyldes dempingen av tidevannet på jorden i de grunne hav og mot land og også av flo- og fjærebevegelsene i jordskorpen. Antar vi at hevelsen på månens overflate er en størknet tidevannsbølge av lava som nevnt ovenfor, og dermed at månen opprinnelig befant seg i en avstand av 100 000 km fra jorden vil den med et slikt energitap ha brukt ca 1 milliard år på å flytte seg ut til sin nåværende avstand på 384 000 km. Dette tyder igjen på at alderen for systemet jord-måne er mindre enn jordens alder som minst er 4.5 milliard år. Dette har igjen ført til at en har tatt opp teorien om at månen er fanget inn av jorden på et relativt sent tidspunkt. Nyere beregninger viser at en slik innfangning ikke er så usannsynlig som en tidligere trodde den var.

En har også funnet alvorlige svakheter ved den gamle teorien om at månen er løsrevet fra jorden: Hvis månen var en del av jorden og systemet hadde samme totale dreieimpuls som idag, ville dagens lengde bare vært ca 4 timer. Tidevannsperioden på grunn av solen ville da være 2 timer, og dette er akkurat den lengste perioden for egensvingninger av en væskekule på jordklodens størrelse. Det skulle da oppstå en resonanse-svingning, og tidevannsbølgen i jorden ville bygge seg opp til meget stor høyde. Nøyaktigere beregninger viser imidlertid at den indre friksjonen i jorden ville gi et så stort energitap at denne tidevannsbølgen ikke kunne bli mer enn ca 200 km høy og dette er for lite til at månen kunne rive seg løs.

På den tiden da systemet måne-jord ble dannet har det sannsynligvis også vært mange andre små og store satelitter i rommet omkring jorden. Disse er så etterhvert fanget inn av månen — og noen også av jorden — og har dannet månehavene og kraterne. Denne innfangningsprosessen har tatt forholdsvis kort tid, meget mindre enn 1 milliard år. Dette stemmer med at de vesentlige trekkene i måneoverflaten er dannet for meget lenge siden.

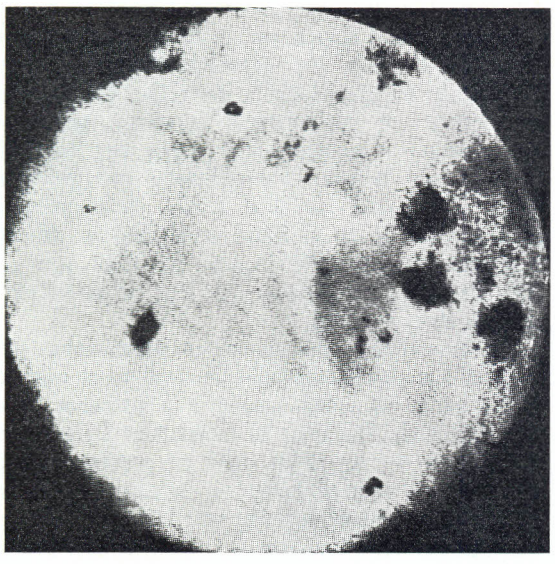
Men alt dette kan bare bli mer eller mindre vel funderte hypoteser inntil en kan foreta radioaktive aldersmålinger av materialer fra måneflaten.

Utforskning av månen.

I den nærmeste framtid kan vi vente å få svar på mange av de spørsmål vi har berørt i det foregående.

En satelitt i en bane i ca 100 kms høyde over månen vil gi oss gode opplysninger om månens form og massefordeling. Utstyrt med tellere vil den kunne avgjøre om våre antakelser om det radioaktive innholdet i månen holder stikk og om sammensetningen av måneoverflaten veksler fra sted til sted. Et televisjonskamera kan gi oss meget flere detaljer fra måneoverflaten enn vi kan oppnå gjennom teleskop. Månens magnetfelt kan også bestemmes fra en slik satelitt.

En seismograf plassert på månen vil kunne gi oss mange opplysninger om månens indre: Spenningstilstand, eventuell lagdeling, elastiske forhold og liknende. Måling av temperaturgradienten og varmeledningsevnen i måneoverflaten vil si oss meget om de termiske forhold i månens indre. Sammen med bestemmelsen av mengden av radioaktivt materiale forteller det oss også om tidligere temperaturforhold, for eksempel om månen er dannet i fast eller flytende tilstand. Et spektrometer på månen kunne gi opplysninger om grunnens kjemiske sammensetning. Ennå bedre ville det være å få prøver av grunnen sendt tilbake til jorden.



Figur 4. Månens bakside fotografert fra «Lunik» oktober 1959. På dette bildet er nord opp.

De sovjetiske bildene fra månens bakside har vist oss at månens bakside inneholder de samme trekk som forsiden, med hav, kratere, fjellkjeder og daler (figur 4). Fordelingen ser imidlertid ut til å være litt forskjellig. De meget store havene mangler, men til gjengjeld har en funnet en lang fjellkjede som mangler sidestykke på forsiden.

Det amerikanske program for utforskning av månen består i tre forsøk (Ranger 3,4 og 5) på forsiktig landingssetting på månen av en instrumentkapsel inneholdende seismograf og fjernsynskamera. Det første forsøk i denne serie er allerede utført, men som kjent med negativt resultat, idet radiosambandet sviktet og satelitten sannsynligvis ble ødelagt ved landingen på månen. Senere er det planlagt å sende ut fire til (Ranger 6, 7, 8 og 9) som skal inneholde fjernsynskamera med meget større oppløsningsevne.

I 1963–65 er det meningen å sende ivei hele laboratorier som blant annet skal ta borprøver i en halv meters dybde og foreta spektroskopiske, magnetiske, elektriske og termiske undersøkelser av dem. I 1966 regner en med å landsette instrumentkapsler som kan bevege seg på måneoverflaten. Spørsmålet om å landsette vitenskapelig personell vil så komme inn på et senere tidspunkt.

Litteratur:

H. C. Urey: The Planets (Yale University Press, New Haven Conn., 1951).

L. V. Berkner and *H. Odishaw*: Science in Space (Mc Graw Hill, New York, 1961).

G. J. F. Mac Donald: Science, 7. april 1961.

E. Tandberg: Teknisk Ukeblad 12. april 1961.

På synfaring ved atomanlegg i Sovjet

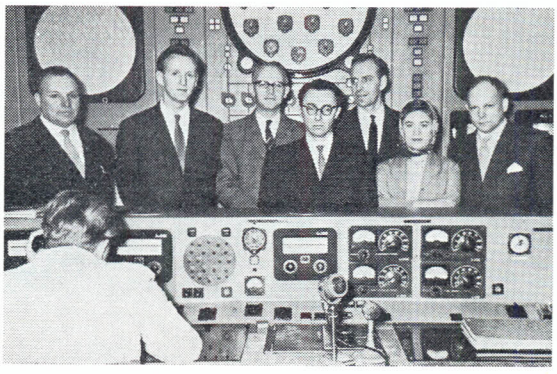
Tormod Riste

Heilt sidan 1955 har Sovjet jamt hatt vitjing av delegasjonar av utanlandske vitskapsmenn. Frå vårt land har det tidlegare vore to delegasjonar til atomanlegga i Sovjet, den fyrste i 1955 og den andre i 1957. Den reisa eg skal fortelja om her fann sted i januar i år og varde i 10 dagar.

Sjølv om det etterkvart har vore mange vitskaplege delegasjonar i Sovjet, så er ordet «delegatsi» eit sesam-sesam som hjelper ein gjennom all kontroll på flyplassen utan vanskar. Vi kunne difor snart stige inn i bilen som venta på oss og dra inn til Moskva. Verten vår og den engelsk-talande tolken hjelpte oss til rette på hotellet og inviterte oss til kvelds med velsmakande georgisk vin til. Taffelmusikken var velkjend for oss, det var «Marina» og liknande slager-melodiar. Hotellet vi budde i hadde rike tradisjonar, m. a. hadde revolusjonsregjeringa budd der i 1918. Det er slutt på den tida at delegasjonane blir innkvarterte i luksussuiter; arrangementet ved slike reiser har i det heile kome ned på eit meir nøkternt plan. Den verten vi hadde, ein mann frå Atomenergikomiteen, var ein fyrsteklasses vert. Han ordna med billettar til opera og ballett, omvisning i Moskva, transport og selskap. Vertskapet hadde lagt opp eit effektivt fagleg program for oss, slik at vi fekk sjå seks store forskningsinstitutt på den korte tida vi var der.

Når vi var i fylgje med verten vår var det lett å kome inn ved institutta, minst like lett som ved dei fleste slike anlegg i Vest. Dette kan sjølvsagt ha sin grunn i at dei militære anlegga er vel skilde frå dei sivile. Der vi kom inn fekk vi i alle fall sjå det vi hadde lyst til og diskutere det vi ville. Dei russiske kollegane våre tok godt i mot oss og ynskte oss velkomne tilbake ein annan gong.

Dr. Tormod Riste er forsker ved Institutt for Atomenergi, Kjeller.



Figur 1. Omvisning ved den fyrste atomkraftstasjonen i Obninsk. Som nr. 1, 3, 5 og 6 frå høgre står E. Andersen, S. Aas, K. P. Lien og T. Riste frå den norske delegasjonen.

Eitt av institutta vi såg var eit reint teknisk prosjekt, det var atomkraftstasjonen i Voronesh. Stasjonen ligg fint til ved elva Don. Etter vår målestokk er det eit gigantanlegg som fullt ferdig skal produsere 400.000 kW elektrisk effekt. Fyrste etappen skulle være ferdig neste år, etter det vi fekk opplyst. Det kunne sjå utruleg ut for oss, men forklaringa ligg vel i det at nesten alt arbeidet, både byggearbeidet og monteringsarbeidet, vart drive parallelt. Ein stor del av bygningsarbeidarane var kvinner. Ein norsk arkitekt eller byggmeister ville knapt vedstå seg eit bygg av den utsjånaden vi såg ved krafstasjonen. Vindauga var som oftast langtifrå rettvinkla og ein grunnmur trong ikkje vere horisontal. Estetiske hensyn kom tydelegvis i andre rekkja, og ein må tru at bygningsarbeidet går fortare unna av den grunn. Når det galdt sjølve reaktoren, eller andre vitale deler av anlegget, hadde det heile eit anna preg. Metallurgen vår saumfor sveisane i stålet og aluminiumen og var full av lovord.

Dei andre institutta vi såg hadde karakteren av forskningsinstitutt der grunnlagsforskninga hadde prioritet. Eitt av dei tilsvarar CERN, det europeiske institutt for kjernefysikk i Geneve. Det er tolv austeuropeiske og asiatiske land som samarbeider om dette instituttet i Dubna, ein einsleg liten by ved Volga. Det meste av forskninga der er konsentrert om høgenergifysikk, og instituttet råder over fleire akseleratorar. På dette feltet har Sovjet lege i fremste lina lenge. Veksler, som er sjef for eit av laboratoria i Dubna, vert rekna som oppfinnaren av synkrotronen. Synkro-syklotronen i Dubna akselererar protonar opp til 680 MeV og vert

Figur 2. Frå Instituttet for teoretisk og eksperimentell fysikk, Moskva. Akademimedlem Alikhanov har kontoret sitt i dette bygget som er eit slott frå Peter den store si tid.

av mange i Vest rekna som den beste i sitt slag i verda.

I Moskva ligg to institutt (Alikhanov-instituttet og Kurchatov-instituttet) som for det meste driv med nøytronfysikk. Det er tydeleg at desse institutta tidlegare har vore engasjerte i reaktorutvikling i mykje sterkare grad enn no. Mykje av den grunnforskninga dei driv no er av nyare dato, dei har teke opp felt som tidlegare har vore forsømde i Sovjet. Etter å ha sett dei fleste av dei store institutta på desse fagområda i Vest har eg det inntrykket at den reine forskninga i Sovjet ikkje har den jamne breidda som t. d. i Sambandsstatane. Men fysikarane i Sovjet arbeider hardt for å jamne ut det som skil på fleire område. Dei er interesserte i det som går for seg ved laboratoria i Vest, og fylgjer godt med i faglitteraturen. Det er gledeleg å sjå at dei i større grad enn før får høve til å reise til konferansar i utlandet, sjølv om dei på langt nær er så godt representerte som dei fleste andre nasjonane.

Elles har russiske fagtidsskrift vunne seg ein sikker plass ved dei fleste fagsentra i utlandet, og alle restriksjonar er tydelegvis oppheva når det gjeld publikasjon av reine forskningsresultat. Det var nok heilt andre tilhøve i Sovjet i så måte for nokre år sidan, i Stalin-tida. Det er kanskje for tidleg å snakke om «det store tøyveret» enno på dette området, men det har i alle fall gått for seg ei tydeleg oppmyking sidan fyrste Geneve-konferansen i 1955. Før den tid vart så godt som ingen ting publisert av det som gjekk for seg på atomenergiområdet i Sovjet. Den fyrste sovjetrussiske atombomba i september 1949 kom difor beint sagt som ei bombe på mange i andre land; det var uventa at russarane var komne så langt.

Om ein ser tilbake på fysikken si stilling i Sovjet før krigen, så var det kanskje ikkje så uventa likevel. Så tidleg som i 1930 hadde dei teke opp kjernefysisk forskning ved det fysisk-tekniske instituttet i Leningrad, og i 1937 fekk Leningrad den fyrste syklotronen i Europa. Ei rekkje eksperimentelle og teoretiske arbeid vart publiserte om fisjon og kjedereaksjon. Dei tok også til å arbeide med meir tekniske problem, slik som produksjon av tungtvatn og separasjon av uran.

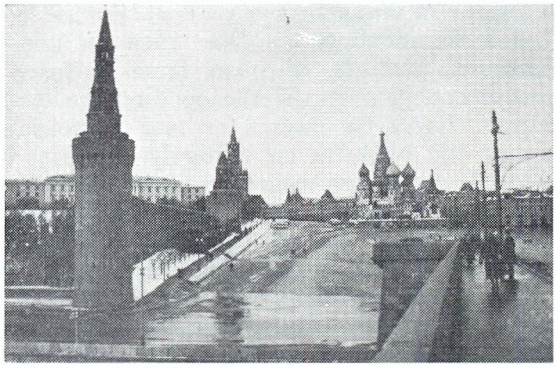
Det er langt i frå klart korleis utviklinga har gått vidare i Sovjet avdi arbeidet etter ei tid vart stempla som hemmeleg. Ein har likevel funne ut at det meste av det arbeidet vi har nemnt ovanfor vart stansa i 1941, truleg avdi andre prosjekt fekk høgre prioritet på grunn av krigen. Det var ikkje før krigslukka vende seg, i 1943, at atomforskninga vart teken oppatt i Sovjet. Omlag fire år etter, ein gong i 1947, hadde dei den fyrste atomreaktoren i drift. Det finst ingen opplysningar om kvar denne reaktoren låg, men etter det russarane har publisert kan ein sjå at reaktoren har hatt stor likskap med ein av dei fyrste amerikanske Hanford-reaktorane. Vel to år etter, hausten 1949, registrerte amerikanarane den fyrste sovjetrussiske atombombe-eksplosjonen. Dette var vel fire år etter amerikanarane. Når eg nemner dette så er det for å gje eit samanlikningsgrunnlag for situasjonen i dei to landa. Både i U.S.A. og U.S.S.R. har dei sidan fått skilt åt den militære og den sivile atomforskninga.

På reisa vår vitja vi berre dei sivile anlegga i Sovjet. Alle desse er sjølvsagt også i statleg regi. Det er tydeleg at sovjetrussarane ikkje har den hjelp og stønad frå industrien i arbeidet sitt som amerikanarane har. I U.S.A. og andre land i Vest kan ein kjøpe apparatur med moderne transistorkrinsar på den opne marknaden. Men slike instrument såg vi lite eller ingen ting av i Sovjet. Dersom dei har slike, så må dei difor gå til andre føremål med høgre prioritet.

Det er også interessant å filosofere over spørsmålet om diktaturet gjev eit godt miljø for fri forskning. Ein amerikanar sa etter ei liknande reise i Sovjet at i det landet er det dei store autoritetane i fysikken som har monopol på originale idear, den store massen av forskarar skal berre arbeide med dei oppgåvene dei får tildelt. Kanskje er det slik.

Det politiske systemet kan likevel ha sin føremon i det at dei styrande lettare godkjenner dei ideane som dei vitskaplege autoritetane har og så gjev klarsignal til å sette igang eit eventuelt prosjekt som byggjer på den ideen. I Dubna såg vi eit prosjekt som eg kan tenkje meg ville ha møtt sterke innvendingar i dei fleste andre land. Det var eit dristig prosjekt som eg trur dei sivile styremaktene i vårt land ville ha tenkt seg om både vel og lenge før dei tok det opp til avgjerd — for så å avslå det heile. Prosjektet eg har i tankane er puls-reaktoren i Dubna, ein reaktor som leverer periodiske nøytronskurar av enorm styrke, og som er einaste reaktoren i sitt slag i verda.

Eit av føremåla med reisa vår var å få kontakt med russiske vitskapsmenn. I så måte trur eg at reisa hadde sin misjon. Vi vart vel mottekne av alle, og det var alltid ein venleg tone i omgangen med dei. Kanskje noko av grunnen til det var at begge partar heldt seg unna politiske diskusjonar. Eg trur det var ein klok fremgangsmåte som gjorde sitt til at vi kunne skiljast med ynske om snarleg gjensyn i Sovjet eller i Norge.



Figur 3. Utsyn frå ei bru over Moskva-elva mot Den raude plassen. Til venstre noko av Kreml med muren, midt på biletet Vassili-katedralen.

Laseren I

Virkemåte

Kaare J. Nygaard

I landets aviser for 12. mai i år kom en melding om at man ved M.I.T. i U.S.A. hadde klart å sende opp en lysstråle mot månen og oppfanget den reflekterte stråle med et teleskop. Som lyskilde var benyttet en laser. Dette er bare ett eksempel på anvendelsesmulighetene for dette nye instrument i fysikk og teknikk. Men hva er så en laser?

Innledning.

Ordet laser står for «light amplification by stimulated emission of radiation». Man kan si at laseren er en videreføring av maseren, som er karakterisert ved «microwave amplification ...» osv. De aktuelle bølgelengder for laseren er flere størrelsesordener mindre enn de bølgelengder som kan genereres eller forsterkes i maseren.

Dette nye instrument er en slags kvantemekanisk forsterker. Hensikten med denne artikkelen er på en semipopulær måte å gi prinsippet for denne forsterkeren; dessuten vil noen eksperimenter bli beskrevet og enkelte anvendelser antydet.

Både maser- og laserteknikken har gjennomgått en rivende utvikling i løpet av de siste år. Historien forteller at den første maser, som benyttet ammoniakk, ble bygget av Gordon, Zeiger og Townes [1] i 1955. Året etter foreslo Bloembergen [2] en «solid-state»-versjon. — Etter hvert begynte man å tenke på å utvide maserens bølgelengdeområde mot kortere bølgelengder. Man ønsket å lage tilsvarende innretninger for infrarødt og for synlig lys. En slik utvidelse ble antydet av Schawlow og Townes [3], og etter iherdig eksperimentering lyktes det endelig for Maiman [4] i 1960 å få den første pulsede rubinlaser til å virke. Dermed var skredet løsnet, og laseren var plutselig blitt et meget populært forskningsobjekt. Den første suksess ble ganske snart etterfulgt av flere: Javan, Bennett og Herriott [5] fikk satt i gang en kontinuerlig opererende gasslaser med en helium-neonblanding, og Sorokin og Stevenson oppnådde laservirkning med uran [6] og samarium [7] i calciumfluorid.

Senere har man med hell benyttet omtrent 20 forskjellige faste stoffer og 2–3 gasser eller gassblandinger til lasere. Disse materialer vil bli omtalt i en annen artikkel i dette tidsskrift [8]. Lasere som benytter væsker er så vidt vites ennu ikke konstruert.

Av den foregående historikk fremgår det

Siv.ing. Kaare J. Nygaard er høgskolestipendiat ved Fysisk Institutt, Norges tekniske Høgskole, Trondheim.

at laserne er temmelig nye på fysikkens arena. Ved å sammenligne en laser med en konvensjonell lyskilde, vil man finne at førstnevnte kan gi meget sterke og direktive lysbunter. Lyset fra laseren er mer monokromatisk enn lyset fra en vanlig lyskilde, og i tillegg kommer den meget verdifulle egenskap at det også er mer koherent. For bedre å forstå disse egenskaper bør en først betrakte virkemåten for et par av dagliglivets lyskilder.

I en vanlig glødelampe vil eksiterte metallatomer på wolframfilamentet miste energi, de går ned til lavere energinivåer, og derved blir lys utsendt. Det er her av betydning å merke seg at overgangene fra høyere til lavere energinivåer foregår statistisk. De eksiterte atomene vil ikke alle forandre sin energi samtidig, og dette gir begrensninger i glødelampens lysstyrke.

Glim- eller buetladningsrør inneholder gasser, og atomene eller molekylene blir tilført energi av hurtige elektroner. Man kan si at atomene (molekylene) blir «pumpet» opp i høyere energi-tilstander. De eksiterte atomene vil falle tilbake til grunntilstanden på forskjellige tidspunkt, og den frigjorte energi blir utsendt i form av lyskvant. Emisjonen av de enkelte kvanter er her like tilfeldig som i glødelampen.

Det lyset som sendes ut fra de nevnte lyskildene er romlig *inkoherent*. Inkoherensen er kjennetegnet ved at lyset er satt sammen av bølger med forskjellige faser. Disse forskjellige bølgene vil interferere med hverandre, noen ganger vil det bygges opp store amplituder, og andre ganger vil bølgene prøve å utslukke hverandre.

I en laser eller maser vil imidlertid et stort antall atomer bringes til å emittere samtidig, og resultatet blir en kraftig *koherent* bølge. Den elektriske feltstyrke som er forbundet med strålingen vil, i en plan bølge, være den samme over hele bølgefronten.

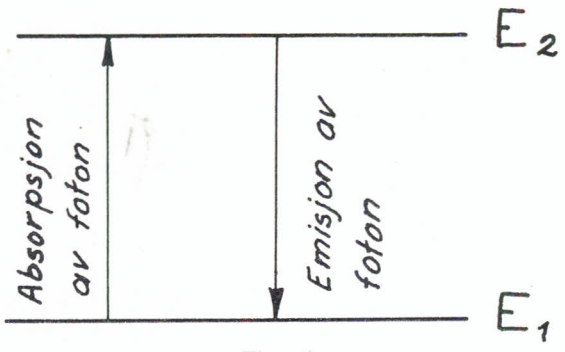
Det er tidligere sagt at tilfeldigheten i lysemisjonen vil begrense lysstyrken til de konvensjonelle lyskilder. Et varmt legeme kan ikke emittere mer lys enn et absolutt sort legeme med samme temperatur, og strålingen fra dette sorte legeme kan beskrives ved Plancks strålingslov. En strålingskilde som vi forhåpentligvis blir oppvarmet av hver dag er solen. Fra 1 cm^2 av solens overflate utstråles det en total effekt på ca. 7 kWatt. Denne energien er fordelt over et meget stort bølgelengdeområde som omfatter røntgen, ultrafiolett, synlig lys, varme- og radio-bølgestråling. Solen har sin maksimale spektrale energi i den grønne delen av det synlige spektralområde. Hvis man hadde et superlinjefilter som kunne ta ut et frekvensbånd med bredde 1 Mc/s fra det grønne lyset, ville solen i dette lille frekvensområdet utstråle bare ca. 10^{-5} Watt/cm^2. Til sammenligning kan en televisjonssender i et frekvensintervall som er mindre enn 1 Mc/s lett produsere effekter på 10^4 Watt og strålingen er koherent.

Laseren produserer også koherente bølger, og man har her med pulset operasjon oppnådd maksimaleffekter av størrelsesorden 10^8 Watt. Strålingen kommer da fra en flate som er betraktelig mindre enn 1 cm^2, og strålingen er strengt monokromatisk.

Tallene ovenfor viser at koherente strålingskilder kan gi meget større effekter per frekvensintervall enn en naturlig strålingskilde som solen.

Prinsipp.

For å forstå hemmeligheten med laseren må man betrakte det kvantemekaniske bilde for stoff og stråling. To av energinivåene i



Figur 1.

et atom er skjematisk gjengitt i fig. 1. Hvis dette atomet blir truffet av et foton med den bestemte frekvens ν gitt ved

$$(1) \qquad \nu = (E_2 - E_1)/h$$

(hvor h er Plancks konstant), kan det hende at fotonet blir absorbert. Atomet er da samtidig løftet opp i den høyere energitilstand E_2. Etter en tid kan fotonet med frekvens ν, uten noen som helst form for ytre påvirkning, bli emittert, og atomets energi faller da tilbake til den lavere tilstand E_1. Denne form for lysutsendelse kalles *spontan emisjon*. Når et system er i likevekt, og det foregår

elektromagnetisk stråling i systemet, vil det i middel inntreffe like mange energisprang oppover som nedover.

Et system som inneholder et stort antall atomer kan f. eks. ha N_1 atomer med energi E_1 og N_2 atomer med energi E_2. Forholdet mellom antall atomer i de to nivåene kan uttrykkes ved

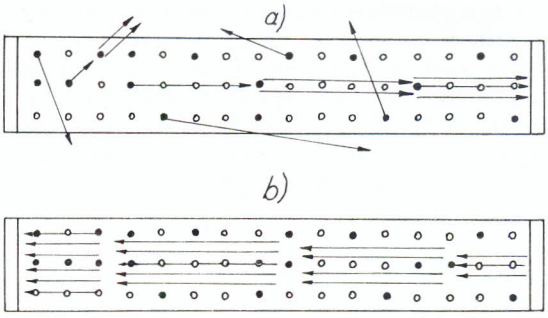
$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-(E_2-E_1)/kT} \tag{2}$$

hvor k er Boltzmanns konstant og T den absolutte temperatur.

Under vanlige omstendigheter vil de lavere energinivåer i et atom alltid være tettere «befolket» enn de høyere. Det lavere nivå har en større populasjon enn det høyere, og N_2/N_1 er mindre eller enda til meget mindre enn 1. For at nivået E_2 ikke skal bli tømt i løpet av kort tid, må det være metastabilt. Levetiden for et slikt metastabilt nivå kan være noen millisek.

Hvilke spesielle egenskaper kan man nå vente å finne i et system som inneholder et større antall eksiterte enn stabile atomer? Dersom et enkelt av de eksiterte atomene blir truffet av et foton med den bestemte frekvens ν definert i ligning (1), vil atomet bli påvirket slik at dets energi faller ned til nivået under. Derved blir det emittert et foton, også med frekvensen ν. Ved å sende *ett* foton inn mot et eksitert atom vil man altså få *to* fotoner ut. Det siste fotonet er frigjort ved *stimulert emisjon*. Denne emisjonsformen er her identisk med Einsteins induserte emisjon. Det er meget viktig å merke seg at de to fotonene vil forplante seg som bølger med samme forplantningsretning. Disse bølger har nøyaktig samme fase slik at de er koherente, og derved vil de interferere konstruktivt med hverandre. Når de to fotonene treffer på andre eksiterte atomer, vil prosessen gjenta seg, og der oppstår meget hurtig en kaskade av fotoner, alle med samme bølgelengde.

Problemet med å konstruere en laser er å fremstille et aktivt medium hvor et stort antall atomer kan bringes opp i en eksitert tilstand. I en «solid state» laser gjøres dette på den måte at den aktive krystall blir bestrålt utenfra med kraftig hvitt lys fra en blitzlampe. Dette hvite lyset vil så «pumpe» et stort antall atomer opp i en høyere energitilstand, og



Figur 2. Fotonkaskade i en laser.

sterkt forenklet kan det inne i krystallen dannes et bilde som skjematisk vist i fig. 2. Krystallen er en rett sylinder med reflekterende endeflater. De fylte sirklene symboliserer de atomer som på et bestemt tidspunkt befinner seg i den aktuelle eksiterte tilstand. Schawlow [9] forklarer laservirkningen slik: Noen av de eksiterte atomene vil først emittere fotoner spontant. Disse spontant emitterte fotoner vil gå ut i alle retninger, noen av dem vil forlate krystallen straks, andre vil forårsake stimulert emisjon av nye fotoner. Dersom et av de først spontant emitterte fotoner forplanter seg parallelt med sylinderens akse, vil det bli startet en lavine av fotoner. Det fotonet som går parallelt med aksen i fig. 2a, forårsaker en bølge som blir kraftigere og kraftigere, og når denne bølgen treffer på den speilende endeflaten, blir den reflektert inn i det aktive medium igjen, og veksten fortsetter som vist i fig. 2b. En stående bølge vil bygges opp hvis forsterkningen ved stimulert emisjon av stråling er stor nok til å kompensere for refleksjonstapene ved endeflaten. Hvis et av speilene er halvgjennomsiktig, kan en del av bølgen komme ut av krystallen.

I forklaringen ovenfor er laseren anvendt som *generator*. Hvis man vil bruke laseren som *forsterker*, sender man en svak lysstråle med frekvens ν inn mot de eksiterte atomene. Forsterkning ved stimulert emisjon av stråling vil gi en sterkere utgangsstråle enn inngangsstråle.

Strålen som sendes ut fra laseren vil være meget *direktiv* fordi resultantbølgen er produsert ved et stort antall gjennomganger, kanskje flere tusen, i krystallen. Bølger som ikke går parallelt med sylinderens akse, vil gjennomløpe ingen, eller bare et lite antall refleksjoner. De ikke-parallelle bølgene vil derfor forsterkes langt mindre enn utgangsbølgen.

Utgangsstrålen vil være *monokromatisk*, fordi stimulert emisjon er en resonansprosess som finner sted sterkest midt i det spektrum som kan utstråles ved spontan emisjon. Den spektrale linjebredde på laserlyset kan være flere størrelsesordener mindre enn bredden på den vanlige fluorescenslinjen.

Videre vil den stimulerte emisjon tvinge de eksiterte atomene til å emittere mye tidligere enn de ville ha gjort spontant, og dette resulterer i en *høy effekt* på strålen.

En del av laserens spesielle egenskaper er altså 1) god direktivitet, 2) god monokromatisme og 3) høy effekt på utgangsbølgen.

(Fortsettes i neste hefte).

Vårt tidsbegrep

Steingrim Skavlem

I dagligdagse samtaler mann og mann imellom kan en ofte høre uttrykket at tiden går eller at tiden går fort. Bak disse ord ligger den almenneskelige følelse at tiden er noe som strømmer avsted uten at vi kan gjøre noesomhelst for å påskynne eller bremse dens gang. Vi oppfatter tiden som noe fullstendig abstrakt og absolutt som flyter avsted uavhengig av hvorhen og under hvilke omstendigheter den blir målt. Dette absolutte tidsbegrep opererte man også med i fysikken inntil året 1905. Sir Isaac Newton var den som klarest og mest bevisst utformet den klassiske fysikks absolutte tidsbegrep, og det ble stående fullstendig uimotsagt helt inntil Einstein fremsatte sine revolusjonerende ideer. Begrepet absolutt tid var som en barriere som ingen tenkte seg muligheten av å røre ved. Og slik vilie vel situasjonen fortsatt ha vært den dag i dag, om det ikke hadde vært for de fremskritt i eksperimentell teknikk som la grunnlaget for en utvidet erfaringsverden. Men det var ikke nok bare med eksperimentell teknikk og inn- samling av nytt erfaringsmateriale. Det måtte også en suveren og modig ånd til for å bryte med det gamle og tilvante.

Det var som kjent i 1905 at Einstein fremsatte sin såkalte spesielle relativitetsteori. I denne teori ble fysikkens tidsbegrep forandret på en grunnleggende måte. Vi kan kort, men noe upresist, si det slik at forandringen besto i at tiden skulle gå langsommere for legemer som er i bevegelse enn for legemer som er i ro. Men skulle tidsforskjellen bli merkbar, måtte legemets hastighet være meget stor. Den måtte være av omtrent samme størrelse som lyshastigheten, som jo er ca. 300 000 km. pr. sekund i lufttomt rom. Senere, i 1915 kom Einsteins generelle relativitetsteori. En konsekvens av denne teori er at tidsforløpet også påvirkes av gravitasjonskrefter, for eksempel jordens tyngde. kraft. Tiden skulle gå raskere i stor høyde over jorden enn nede ved selve jordoverflaten. Einstein fant matematiske formler som viser hvordan tidsforløpet avhenger av et legemes hastighet, og av hvorhen det befinner seg i forhold til et ytre tyngdefelt.

Alt dette høres naturligvis meget merkelig ut, spesielt for alle som ikke til daglig steller med relativitetsteorier eller andre avanserte grener av fysikken. Vanskelighetene kan samles i et eneste spørsmål: Hvordan definerer vi egentlig tid? Utgangspunktet for besvarelsen av dette spørsmål må være at tiden skal være enfysikalsk observerbar størrelse. Og hvordan definerer vi så fysikalske størrelser? Dette kan generelt besvares med at fysikalske størrelser definerer vi operasjonsmessig, hvilket betyr at vi definerer størrelsene ved den måte hvorpå de kan måles. Målemetoden behøver ikke akkurat være praktisk gjennomførbar, det er nok at den er prinsipielt mulig. Lengdemåling for eksempel gjennomføres ved hjelp av de velkjente operasjoner med stive målestaver, og disse operasjoner definerer lengdebegrepet. Vi kan altså bytte ut vårt spørsmål om hvordan tid defineres med et spørsmål som lyder mindre dramatisk, nemlig: Hvordan måler vi tid? Vel, dette kan jo alle svare på. Tiden måler vi ved hjelp av klokker. Men hva er så en klokke? Det vet jo også alle. Men jeg vil stille spørsmålet på nytt i en litt modifisert form: Hva er det egentlige, det karakteristiske ved en klokke? Jo, det er den rytmiske eller periodiske bevegelse som foregår inne i urverket, og som ved hjelp av kompliserte tannhjulsoverføringer kommer til syne i visernes bevegelse. Det vi egentlig avleser på klokken er *antallet* av perioder eller cykler som den svingende mekanisme inne i klokken har utført. Vi innser da også at en hvilkensomhelst periodisk fysikalsk prosess kan brukes som klokke, for eksempel vanlige pendelsving-

Cand. real. Steingrim Skavlem er dosent i fysikk ved Universitetet i Bergen.

ninger. Eller vi kan tenke på periodiske prosesser i vår egen kropp, for eksempel pulsslagene. En sak for seg er det naturligvis at det ville være i høy grad upraktisk å basere tidsmåling på telling av pulsslagene.

I det indre av atomer og atomkjerner kan det også foregå periodiske prosesser eller svingninger. Disse svingninger åpenbarer seg ved at atomene eller atomkjernene sender ut elektromagnetiske bølger i alle retninger, atomene i form av synlig lys og atomkjernene i form av usynlig gammastråling. Elektromagnetiske bølger er, likesom vannbølger, periodiske fysikalske prosesser, og deres svingehyppighet eller frekvens svarer til svingehyppigheten i de atomer eller atomkjerner som sender ut bølgene. Vi kunne tenke oss å basere tidsmåling på direkte opptelling av det antall bølger som sendes ut fra strålende atomer eller atomkjerner. Dette er ikke praktisk gjennomførbart i dag, men prinsipielt skulle det være mulig. Dog har man i de senere år faktisk klart å konstruere atomklokker [1, 2] ved hvis hjelp man er i stand til å måle fantastisk korte tidsrom. Men som basis for vår tidsdefinisjon kan vel neppe disse klokker brukes.

Det er en velkjent sak at fysikalske prosesser påvirkes av ytre omstendigheter, for eksempel temperaturen. Varmer vi opp et stoff, så vil stoffets molekyler og atomer komme i raskere og raskere bevegelse etterhvert som temperaturen stiger. Til slutt vil atomene begynne å sende ut lys inneholdende forskjellige frekvenser. Ved en bestemt temperatur vil som kjent strålingens spektrum ha et intensitetsmaksimum for en bestemt frekvens, og dette intensitetsmaksimum forskyver seg mot høyere frekvenser når temperaturen stiger (Wiens forskyvningslov). La oss igjen gjøre det tankeeksperiment at vi baserer vår tidsmåling på opptelling av det antall lysbølger som sendes ut fra et lysende grunnstoff, idet vi fikserer den frekvens som svarer til intensitetsmaksimum. Vi vil da få en tid eller tidsskala som avhenger av temperaturen. Det samme vil vi få ved å basere tidsmåling på telling av et pendels svingninger, under forutsetning av at pendelet er laget av et materiale som utvider seg ved oppvarming. Oppvarming fører til at pendelet blir lengre, og som kjent svinger det da langsommere. Vil vi nå bestemme varigheten av *et bestemt fenomen*, for eksempel den tid det tar for en kule å rulle ned av et skråplan, ved å telle pendelsvingningene sålenge fenomenet foregår, så får vi et kortere tidsrom etterat pendelet ble oppvarmet enn før oppvarmingen. Vi har med andre ord fått en temperaturavhengig tid.

Imidlertid er det ikke vanskelig å peke på temperaturuavhengige periodiske prosesser, for eksempel jordens omløp om solen eller jordens rotasjon omkring sin egen akse. Det er nettopp dette siste fenomen som er valgt som basis for vår tidsregning, eller la oss si tidsmåling. Perioden, det vil si tidsenheten, kalles et stjernedøgn og er altså den tid som jorden bruker til å dreie seg en gang rundt sin egen akse. Videre har vi avledede tidsenheter, for eksempel timer og sekunder, som bare er bestemte brøkdeler av et stjernedøgn .

Spørsmålet er nå om den herved tilveiebragte tidsdefinisjon er entydig den samme under alle slags fysikalske forhold. Varierende temperaturforhold spiller som nettopp nevnt ingen rolle. Men kunne det ikke tenkes andre omstendigheter som vil influere den tilgrunnliggende fysikalske prosess, altså jordens rotasjon, omstendigheter som er oversett i den Newtonske mekanikk. Kunne det for eksempel ikke hende at to observatører, som beveger seg med en viss hastighet i forhold til hverandre, ville finne forskjellige resultater for lengden av det tidsrom som et *bestemt* fenomen varer? Den spesielle relativitetsteori gir svar på dette spørsmålet, og svaret er bekreftende. Tiden er altså hastighetsavhengig. La oss nå betrakte to observatører som er i ro i forhold til hverandre, men som befinner seg på steder med litt forskjellig tyngdekraft, vi kan for eksempel anta at de befinner seg i forskjellig høyde over jordoverflaten. De to observatører er utstyrte med identiske og opprinnelig synkroniserte klokker, og begge måler varigheten av ett og samme fenomen. Ifølge den generelle relativitetsteori får de litt forskjellige resultater, og forskjellen skyldes at jordens tyngdekraft ikke er helt den samme på de to steder. Einstein antok videre at hastighetens og gravitasjonskreftenes innflytelse er universell, det vil si at forløpet av alle mulige fysikalske prosesser influeres av dem. Dette betyr videre at det overhodet ikke er mulig å definere tid på en slik måte at den blir uavhengig av hastighetens og gravitasjonskreftenes innflytelse.

La oss igjen tenke oss to observatører A og B, hvorav A befinner seg i en satelitt som beveger seg med hastigheten v i en høyde h over jordens overflate, mens B er i ro på jordoverflaten. Videre lar vi c betegne lyshastigheten i vakuum og X forskjellen i

gravitasjonspotensial mellem de punkter hvor henholdsvis A og B befinner seg. Sammenhengen mellem et tidselement dt avlest på B's klokke (jordklokken) og det tilsvarende tidselement $d\tau$ avlest på A's klokke (satelittklokken), er da gitt ved følgende formel fra den generelle relativitetsteori [3]

$$(1) \qquad d\tau = dt\left(1 + \frac{2X}{c^2} - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Vi betrakter spesielt en satelitt som går i sirkulær bane. Dens hastighet er meget liten sammenlignet med lyshastigheten, og vi kan derfor approksimativt beskrive dens bevegelse ved hjelp av klassisk dynamikk. Ved hjelp av den vanlige formel for sentripetalakselerasjonen og Newton's gravitasjonslov går da ligning (1) over i

$$(2) \qquad d\tau = dt\left(1 + \frac{g_0 R}{c^2} \cdot \frac{2h - R}{R + h}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Her er R jordens radius og g_0 tyngdeakselerasjonen ved jordens overflate. Denne formel kan også skrives på følgende måte

$$(2a) \qquad d\tau = dt\left[1 + \frac{v^2}{c^2}\left(\frac{2h}{R} - 1\right)\right]^{\frac{1}{2}}.$$

Herav ser vi den morsomme ting at for $h = R/2$ vil satelittklokken og jordklokken alltid gå likt, idet hastighetseffekten og gravitasjonsvirkningen da vil oppheve hverandre. Videre ser vi at når $h < R/2$, så går tiden i satelitten langsomere enn nede på bakken, og når $h > R/2$ går tiden fortere i satelitten enn ved jordoverflaten. I første tilfelle dominerer hastighetseffekten, mens i det annet tilfelle gravitasjonsvirkningen er overveiende.

La oss nå anta at satelitten beveger seg i 500 km's høyde over jorden. Vi innsetter i ligning (2) verdiene $R = 6\,300$ km, $h = 500$ km, $c = 300\,000$ km/sek og $g_0 = 0{,}0098$ km/sek^2 og får

$$(3) \qquad dt = d\tau(1 + 3 \cdot 10^{-10}).$$

Ett sekund på satelittklokken svarer altså til litt mer på jordklokken, men forskjellen er uhyre liten, bare ca. tre timilliardtedels jordsekund. Muligheten av å kunne sammeligne tidsmålinger foretatt i en satelitt og i stasjoner nede på bakken er likevel tilstede idag. Slike eksperimenter planlegges nok også, men er enda ikke utført. Man har i løpet av de siste tre–fire år klart å konstruere atomur [2] ved hvis hjelp man er istand til å måle tidsrom som bare er ca. hundreparten så store som det nettopp nevnte, det vil si tidsrom av størrelse en milliontedel av et milliontedels sekund.

På grunn av disse atomklokkers fantastiske nøyaktighet har man imidlertid nå ved laboratorieforsøk klart å gi direkte eksperimentelle bevis for riktigheten av den sammenheng mellom tid, hastighet og gravitasjon som relativitetsteorien forutsier. Eksperimenter av denne art er utført både i U.S.A., for eksempel ved Harvard-universitetet, og i England. Eksperimentene ved Harvard gikk ut på å sende gammastråler av bestemt frekvens loddrett nedover fra toppen av et 22 meter høyt tårn. Ved hjelp av et atomur kunne man fastslå at frekvensen var litt høyere ved foten av tårnet enn på toppen. Ble strålene sendt loddrett oppover avtok frekvensen tilsvarende. Frekvensforandringen viste seg å være i nøyaktig overensstemmelse med den frekvensforandring som forutsies av Einsteins generelle relativitetsteori for elektromagnetisk stråling, som faller eller stiger i jordens tyngdefelt. En tilsvarende forskjell vil det bli i *alle* de målinger av et bestemt fenomens varighet som foretas henholdsvis på toppen og ved foten av tårnet. Vi venter nå på at teorien skal bli ytterligere bekreftet ved hjelp av de nevnte satelitteksperimenter.

Som ytterligere anvendelse av ligning (1) vil jeg til slutt nevne et velkjent eksempel. Vi tenker oss at vi er i stand til å utføre følgende eksperiment. To tvillingbrødre, la oss kalle dem Knoll og Tott, er utstyrte med hver sin klokke som går fullstendig likt. Ved hjelp av en kraftig rakett, langt kraftigere enn noen som hittil er konstruert, sendes Knoll ut på en reise i verdensrommet med en hastighet som er meget stor, la oss si 3/5 av lyshastigheten. Vi tenker oss at reisen foregår i en bue slik at farten i forhold til jorden hele tiden er konstant, og slik at han kommer tilbake til jorden etter for eksempel åtte års reise. Dette er da vel å merke det tidsrom som Knoll har utmålt ved hjelp av sin egen medbrakte klokke. Tott har hele tiden befunnet seg på jorden, og spørsmålet er nå hvor lang tid han synes at romreisen har vart. På grunn av den store hastighet vi her opererer med, kan vi sløyfe innvirkningen fra jordens gravitasjonsfelt og bare ta hensyn til hastighetens innvirkning. Dette betyr at vi kan sette $X = 0$ i ligning (1).

Innsettes dernest $v/c = 3/5$, får vi ved integrasjon av (1) at

$$t = \frac{5}{4}\tau .$$

Her er $\tau = 8$ og altså $t = 10$, hvilket betyr at for Tott har Knolls romreise vart i 10 år. Dette betyr også at Knoll ved tilbakekomsten til jorden vil være to år yngre enn sin tvillingbror, idet vi antar at de biologiske prosesser i menneskekroppen er av fysikalsk-kjemisk art, og derfor influeres av hastigheten på samme måte som den klokke Knoll har hatt med seg under romreisen.

Litteratur.

1. *Lyons, H.*: Scientific American, February, 1957.
2. *De Benedetti, S.*: Scientific American, April, 1960.
3. *Møller, C.*: *The Theory of Relativity*, Oxford, At The Clarendon Press, 1952, p. 247.

Høyre-venstre asymmetrien i moderne fysikk

Hans Kolbenstvedt

Skiller naturen mellom høyre og venstre?

Et ufravikelig krav til fysikkens lover var tidligere kravet om speilingsinvarians, naturlovene skulle ikke kunne skille mellom høyre og venstre. Først i 1957 forsto man at kravet ikke var universelt gyldig. Det var da Lee og Yang formulerte sin teori om eksistensen av ikke-paritets-bevarende krefter i visse typer reaksjoner mellom elementærpartikler, nemlig i de såkalte svake vekselvirkninger. Et eksperiment med β-radioaktive kjerner, som skulle kunne bekrefte Lee og Yangs teori, ble utført samme år av Wu og medarbeidere. Resultatet ble positivt, det var ingen tvil om at de nevnte krefter eksisterte og at man her omsider hadde oppdaget et tilfelle hvor naturens lover virkelig gjorde forskjell på høyre og venstre!

Siden den gang er studiet av svake vekselvirkninger tatt opp av fysikere verden over, og dette arbeidsfeltet er blitt et av de mest aktuelle innen moderne fysikk for såvel teoretikere som eksperimentalister. Det er følgelig blitt publisert et utall avhandlinger om emnet, men svært få av disse er tilgjengelige for andre enn spesialister. Det skulle derfor ikke være bortkastet tid å diskutere et eksperiment, analogt med det Wu utførte, som på en enkel måte illustrerer hvorledes høyre-venstre asymmetrien fremkommer. Vi skal her også diskutere hvorledes balansen mellom høyre og venstre er blitt gjenopprettet ved å innføre den såkalte antimaterie.

Lic. techn. Hans Kolbenstvedt er forskningsstipendiat ved Institutt for teoretisk fysikk, N.T.H., Trondheim.

β-spaltning av rettede nøytroner.

Den fundamentale prosess som det nevnte eksperiment bygger på, er β-spaltningen av nøytronet. Et fritt nøytron (n) vil i løpet av omkring 17 minutter gå over til et proton (p) under emisjon av et elektron (e) og en nøytral partikkel kalt antinøytrinoet ($\tilde{\nu}$). Skjematisk skriver vi i prosessen:

$$(1) \qquad n \rightarrow p + e + \tilde{\nu} .$$

Vanligvis foregår denne desintegrasjon inne i en kompleks kjerne med flere nøytroner og protoner, men for enkelthets skyld skal vi her begrense oss til å betrakte frie nøytroner.

Vi skal først se litt nærmere på to av nøytronets indre egenskaper, nemlig spinnet $\mathbf{s}_n$ og det magnetiske moment $\mathbf{m}_n$. For alle kjente elementærpartikler er disse to størrelsene proporsjonale og enten parallelle eller antiparallelle. For nøytronet er det siste tilfelle slik at:

$$(2) \qquad \mathbf{m}_n = -a\,\mathbf{s}_n ,$$

der a er en positiv konstant. Vi sier gjerne at nøytronet har et negativt magnetisk moment.

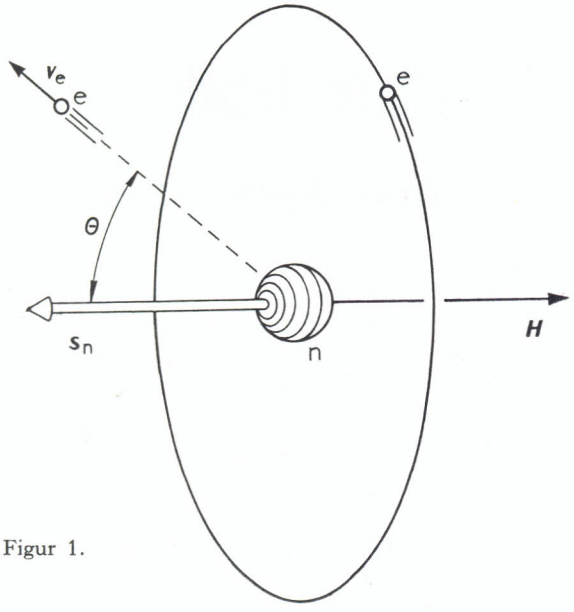
Dersom nå nøytronet plaseres i et ytre magnetfelt $\mathbf{H}$, vil det ha en energi

$$(3) \qquad E = E_{\text{kin}} - \mathbf{m}_n \cdot H,$$

der E_{kin} er den kinetiske energien og det siste leddet den energi som skyldes koblingen mellom det magnetiske momentet og magnetfeltet. Vi skal nå forutsette at de eksperimenter som skal diskuteres foregår ved lave temperaturer og at de magnetfelter som benyttes er sterke. Et nøytron i et magnetfelt

vil da søke å stille seg slik at dets energi blir minst mulig. Av ligning (3) ser vi at dette oppfylles når $\mathbf{m}_n$ og $\mathbf{H}$ er parallelle, det vil si når $\mathbf{s}_n$ og $\mathbf{H}$ er antiparallelle. Et nøytron i et ytre magnetfelt vil altså innstille seg slik at dets spinn peker i motsatt retning av magnetfeltet.

La oss anta at vi sender en strøm av elektroner gjennom en strømsløyfe som vist i figur 1. Vi lar retningen av strømmen bety



Figur 1.

elektronenes bevegelsesretning (ikke motsatt som i elektroteknikken). Etter de Maxwellske ligninger vil en slik elektronstrøm danne et magnetfelt som i sløyfens sentrum er rettet til den side som vi vil kalle høyre side av strømsløyfen når elektronene går i den retning som vist på figur 1.

Plaserer vi nå nøytroner inne i sløyfen, vil de, etter den regelen vi fant ovenfor, stille seg slik at spinnet peker mot venstre. Nøytronene vil etter hvert desintegrere etter skjemaet (1) og vi vil observere retningsfordelingen i intensiteten av emitterte elektroner. Etter Lee og Yangs teori vil retningsfordelingen være av formen:

$$(4) \qquad I_e(\theta) = I_0[1 - (v_e/c)\cos\theta] .$$

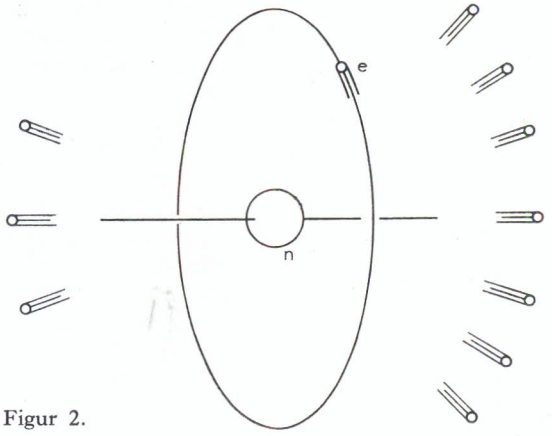
Her er θ vinkelen mellom nøytronenes spinn og de emitterte elektroners bevegelsesretning, v_e er hastigheten av disse elektronene og c er lyshastigheten. I_0 er en konstant.

Vi ser straks at intensiteten er symmetrisk om strømsløyfens akse, men at den er større på høyre side av sløyfen ($\theta > \pi/2$) enn den er på venstre side. ($\theta < \pi/2$). Asymmetrien er mer markert jo større hastigheten v_e er i forhold til lysets hastighet.

Et tanke-eksperiment.

Ved å benytte oss av høyre-venstre asymmetrien i β-spaltningen av nøytronet, kan vi forklare for en fysiker som befinner seg annetsteds på jordkloden, hva vi mener med høyre og venstre.

Vi kunne, for eksempel be vedkommende om å lage seg en strøm-sløyfe, plasere nøytroner inne i sløyfen og å observere retningsfordelingen av de elektroner som ble emittert ved nøytronenes desintegrasjon. Han ville da observere flest elektroner på den side av sløyfen som vi kaller for høyre side. Figur 2 viser det billede vår tenkte observatør vil «se» når han utfører forsøket.



Figur 2.

Antipartikler og antimaterie.

Den oppmerksomme leser vil ha merket seg at vi i vårt tenkte eksperiment begrenset oss til fysikere her på jorden når vi diskuterte muligheten for å forklare vår høyre-venstre definisjon for andre. Hvis det nå fantes intelligente vesener på kloder i fjerne stjernetåker, med samme muligheter for å gjøre fysiske eksperimenter som vi har her på jorden, kunne vi da også forklare dem hva vi mener med høyre og venstre? Vi forutsetter at vi var i stand til å kommunisere med disse vesener via radiobølger.

Før vi går nærmere inn på dette spørsmålet skal vi forklare hva som forstås ved antipartikler og antimaterie. Til enhver elementærpartikkel regner man at det finnes en partikkel med motsatte fysiske egenskaper, en antipartikkel. Det mest kjente eksempel på et

slikt partikkel-antipartikkel-par er vel elektronet og positronet som adskiller seg fra hverandre ved at de har motsatt elektrisk ladning og motsatt retning av det magnetiske moment i forhold til spinnet. Tilsvarende gjelder for andre partikkel-par med noen få unntakelser, for eksempel så er fotonet sin egen antipartikkel.

Vi vet at materien i vårt solsystem er bygd opp av atomkjerner med protoner og nøytroner og at kjernene er omgitt av negativt ladede elektroner. Vi kunde imidlertid godt tenke oss materie som var oppbygd av disse partiklenes antipartikler. Atomkjernene ville da bestå av negativt ladede antiprotoner samt antinøytroner og kjernene ville være omgitt av positroner. En slik materie kalles naturlig for en antimaterie og en klode bygd opp av antimaterie vil vi kalle for en antiklode.

Desintegrasjon av anti-nøytroner.

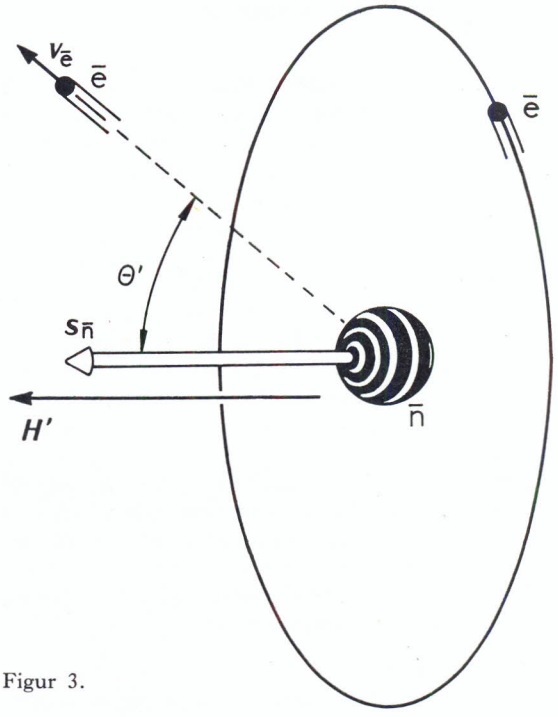
Vi skal nå diskutere hvorledes β-spaltningen vil forløpe på en antiklode. De partiklene som her danner elektriske strømmer i ledere er positronene. Lages det her en strømsløyfe, så vil det resulterende magnetfelt $\mathbf{H}'$ inne i sløyfen være rettet mot venstre når positronene beveger seg rundt sløyfen som vist i figur 3. På en antiklode vil man ikke finne noen nøytroner til eksperimentet, man måtte isteden benytte antinøytroner. Da den relative retning mellom spinn og magnetisk moment er motsatt for nøytroner og antinøytroner, gjelder her at spinn og magnetisk moment er parallelle. Et antinøytron vil derfor stille seg slik i et ytre magnetfelt at spinnet peker parallelt med feltet, i dette tilfelle til venstre.

Antinøytronene desintegrerer etter skjemaet

$$\bar{n} \rightarrow \bar{p} + \bar{e} + \nu \,. \tag{5}$$

Vi benytter her den regel at en strek over partikkel-symbolet indikerer antipartikkel. Merk at det er et antinøytrino som emitteres ved nøytron-spaltningen i ligning 1, men et nøytrino som emitteres ved spaltningen av antinøytronet.

Hvordan vil nå vinkelfordelingen av emitterte positroner bli i forhold til stømsløyfen? Etter de teoriene man hadde før 1957, skulle naturlovene ikke kunne skille mellom høyre og venstre, men heller ikke mellom partikler og antipartikler! Man sa gjerne at naturlovene skulle være uforandret når alle partikler erstattes med sine antipartikler. Dette ble kalt prinsippet om ladningsinvarians. Etter dette skulle vi i vårt eksperiment vente å få samme



Figur 3.

vinkelfordeling av positroner ved antinøytronets desintegrasjon som av elektroner ved nøytronets desintegrasjon. Etter 1957 har man imidlertid innsett at heller ikke dette prinsipp er av almen gyldighet, det gjelder bare for de prosesser som *ikke* skiller mellom høyre og venstre! Siden β-spaltningen av nøytronet virkelig skiller mellom høyre og venstre, vil følgelig prinsippet ikke gjelde ved vårt eksperiment.

Vinkelfordelingen for positroner ved antinøytronets desintegrasjon vil være av formen

$$I_{\bar{e}}(\theta) = I_0[1 + (v_{\bar{e}}/c)\cos\theta'] \,, \tag{6}$$

der θ' er vinkelen mellom antinøytronenes spinn og de emitterte positroners bevegelsesretning. Sammenlign ligning 6 med ligning 4 for nøytron-spaltning! Vi ser straks at positron-intensiteten her blir større på venstre side av strømsløyfen ($\theta' < \pi/2$) enn den blir på høyre side ($\theta' > \pi/2$), altså motsatt av det vi fant for elektron-intensiteten ved nøytron-spaltningen. Se fig. 3.

Utvidelse av tankeeksperimentet.

La oss nå vende tilbake til det problem vi stilte oss foran. Kan vi gjøre det klart for et vesen på en fjern klode hva vi mener med høyre og venstre ved å be ham utføre vårt

eksperiment? To situasjoner kan tenkes å oppstå:

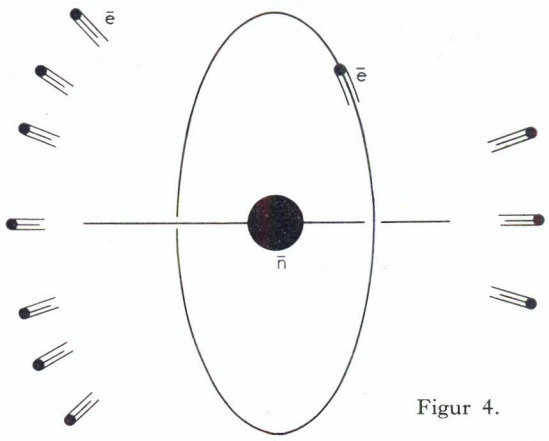
a. Den fjerne kloden består av vanlig jordisk materie. «Vesenet» vil da benytte nøytroner til eksperimentet og se et billede som det i figur 2. Han vil da nettopp se flest emitterte elektroner til høyre og komme frem til vår høyre-venstre definisjon.
b. Den fjerne kloden er en antiklode. «Vesenet», eller kanskje heller «antivesenet», vil da bare finne antinøytroner til sitt eksperiment og derved se et billede som vist i figur 4, altså flest positroner til venstre. Derved vil han komme frem til en høyre-venstre definisjon som er den motsatte av vår!

Resultatet av dette er at vi ved å benytte de hittil kjente naturlover, ikke kan gjøre det klart for eventuelle observatører ute i verdensrommet hva vi mener med høyre og venstre uten først å vite om de hører til på kloder av materie eller av antimaterie.

Status pr. i dag.

Vi har foran forklart at de naturlover som synes å gjelde for de svake vekselvirkninger har følgende særtrekk:

1. De er ikke invariante overfor en rom-inversjon, de skiller altså mellom høyre og venstre.
2. De er ikke invariante overfor en ladnings-konjugasjon, det vil si, de skiller mellom partikler og anti-partikler.
3. De er invariante overfor en kombinert rominversjon og ladningskonjugasjon.



Figur 4.

Det tredje prinsippet om kombinert invarians betyr for vårt eksperiment at elektron-intensiteten til høyre ved nøytronspaltningen (fig. 2) må være like stor som intensiteten av positroner til venstre ved antinøytronets spaltning (fig. 4). Balansen mellom høyre og venstre synes altså på et vis å være gjenopprettet ved å ta antimaterien i betraktning.

I dag synes fysikerne å ha slått seg til ro med formuleringen ovenfor for de svake vekselvirkningers vedkommende. Det som nå volder hodebry er de såkalte sterke vekselvirkninger som for eksempel opptrer i reaksjoner mellom π-mesoner og nukleoner. For disse prosesser synes nemlig prinsippene om rom-invarians og ladnings-invarians å gjelde hver for seg!

Appendix:

Høyre hånd? Det er naturligvis den hvis tommelfinger peker mot venstre!

Bøker

Frank Matossi: Der Raman-Effekt. I serien Verfahrens- und Messkunde der Naturwissenschaft. Hefte 7. 1959. 84 sider, med 24 figurer og 9 tabeller. D. M. 10,80.

Hensikten med denne serien av ganske små hefter er å sammenfatte i mest mulig utførlig form en behandling av eksperimentelle metoder og teknikk på begrensete felter, hvor litteraruren ellers forekommer meget spredt. Dette kan sies å være tilfelle med Raman-effekten og dens anvendelser, og den danner også et tilstrekkelig avgrenset emne til å gis i en egen fremstilling.

Etter et kort innledningskapitel, hvor Raman-effektens fysikalske grunnlag blir presisert i relasjon til fluoressens og Rayleigh-spredning, gis en ganske utførlig behandling av eksperimentelle metoder og hjelpemidler ved arbeider med Raman-effekten, som primærlyskilder, spektrografer og intensitetsmålinger. Forfatteren begrenser seg her til den fotografisk-fotometriske metode, mens fotoelektriske metoder bare kort blir nevnt. Dette kan synes merkelig i betraktning av den høye følsomhet og nøyaktighet ved fotoelektriske metoder, men forfatteren begrunner det i forordet med at det her allerede finnes utmerkete fremstillinger. Dette kan være riktig nok, men en kunne vente at der i det minste ble gitt en anvisning på med hvilke fordeler og i hvilke tilfelle de fotografisk-fotometriske metoder bør erstattes med fotoelektriske metoder. Polarisasjonsmålinger, som er meget

viktige for tydningen av Raman-frekvensene og korrelasjonen mellom disse og de molekylære egensvingninger, gis en ganske utførlig behandling, og bruken av mekaniske og elektriske modeller for å understøtte tydningen av Raman-spektrene blir også omtalt.

Den annen halvpart av boken behandler anvendelsene av Raman-effekten. Denne del starter med en kort omtale av teorien for molekylære egensvingninger og utvalgsregler. Ved eksempler gis så en anvisning på hvordan frekvenser og polarisasjon-depolarisasjon ved observerte Raman-linjer for seg, eller i forbindelse med ultra-rødt-spektrene, gir grunnlag for strukturbestemmelser for relativt enkle molekyler. Symmetriklasser er behandlet og gitt i oversiktlige tabeller i slutten av boken. Forøvrig faller omtalen av anvendelsene i tre avsnitt. Først behandles Raman-effekten ved organiske molekyler med karakteristiske svingninger for grupper og kjedespektra, samt eksempler på anvendelser ved mesomeri- og cis-trans-problemer. Raman-effekten i krystaller gis en egen behandling og illustreres ved kalkspatt som eksempel. I kort avsluttende kapitel påvises at Raman-spektrene i visse tilfelle med fordel kan anvendes i spektralanalysen, f. eks. ved organiske stoffer hvor andre metoder stiller seg mindre gunstige.

Det er klart at man i en bok av dette omfang ikke kan vente en utførlig behandling av alle deler av emnet, men fremstillingen er da supplert med omfattende henvisninger til litteraturen på området. Kravet til fullstendighet har kanskje medført at fremstillingen enkelte steder, særlig i første halvpart, er noe overlesset med detaljer og mindre sammenhengende. Dette ville vel til en viss grad gjøre seg gjeldende for lesere som arbeider på tilgrensende områder, og som i denne boken vil skaffe seg en oversikt over Raman-effekten og dens anvendelser til strukturbestemmelser på grunnlag av molekylspektrene, men det fratar langtfra boken sin verdi i denne hensikt. For dem som arbeider på samme, eller nær samme område, danner boken en kort innføring og en nøkkel til litteraturen om Raman-effekten og dens anvendelser, og her må boken sies å ha sin betydning. Boken kan sikkert også leses med utbytte av alle som er interessert i metoder og muligheter for strukturbestemmelse av molekyler.

Harald Sørum.

AHA-spalten*

Problem 1.

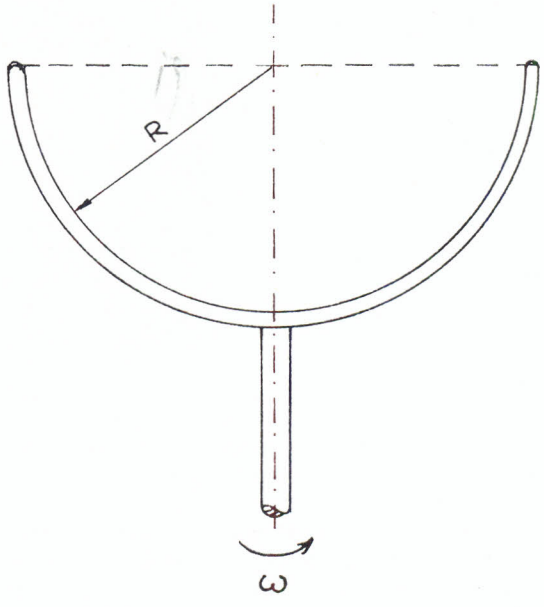
På bunnen av en skål av form som en halvkule med radius R, hviler et blyhagl. Ved hjelp av en elektromotor kan skålen settes i rotasjon om sin vertikale symmetriakse med variabel vinkelhastighet ω. Hva vil skje når vi setter motoren i gang, og lar ω øke fra null av?

Problem 2.

Et radioaktivt materiale emitterer gammastråling av kjent intensitet. I løpet av et visst tidsrom er den avgitte energi i form av stråling lik ΔE, og man forvisser seg ved veining at massetapet, Δm, i samme tidsrom oppfyller energirelasjonen: $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$, hvor c er lyshastigheten.

Den tapte masse har imidlertid vært i besittelse av en bestemt potensiell gravitasjonsenergi i forhold til de øvrige masseelementer i Universet. På hvilken måte kommer denne energiform inn i billedet?

Løsningene sendes Fra Fysikkens Verdens redaksjon, Fysisk Institutt, N.T.H., Trondheim. Konvolutten bes merket «Problem».



På grunn av den korte tid mellom utsendelsen av nummer 1 og trykningen av dette nummer, vil løsningene til oppgavene i nummer 1 først komme i neste nummer.

* Anbefalt Hode-Arbeid.

FYSIKERMØTET 1962

Norsk Fysisk Selskaps fysikermøte ble avholdt ved Reaktorskolen på Kjeller den 21. og 22. mai og ved Fysisk Institutt, Universitetet, Blindern den 23. mai. Vi bringer her et referat fra møtet.

De tre første foredragene omhandlet forskjellige emner innen høy-energi kjernefysikken. Møteleder var professor S. O. Sørensen.

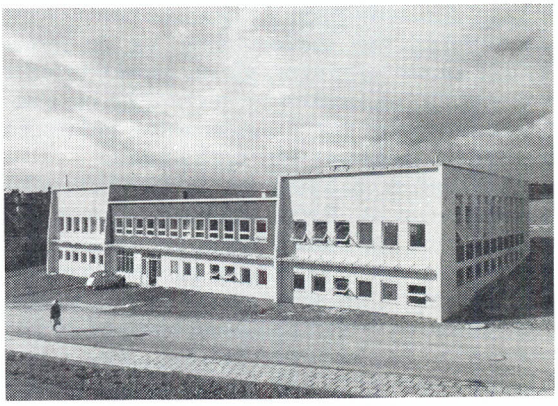
I et innledningsforedrag redegjorde K. Johnsen, CERN, for hvilke mulige nye akseleratorplaner man kunne tenke seg for CERN i fremtiden. Han nevnte at for tiden var det vesentlig to prosjekter som ble diskutert. Det ene er en ny proton synkroton på 100–300 GeV. Det andre er et sett med lagringsringer for CERN proton-synkrotronen som vil gi kollisjoner med energier opp til 50 GeV i tyngdepunktsystemet.

T. Jacobsen fortalte i sitt foredrag om de studier over ekstremt høy-energetiske nukleon-nukleonkollisjoner («jets») som gjøres ved Fysisk Institutt på Blindern ved hjelp av fotografiske emulsjoner. Da de energier som studeres er av størrelsesorden flere 1000 GeV benyttes kosmisk stråling. Disse undersøkelser drives i samarbeide med en hel rekke laboratorier over hele verden ICEF (International Cooperation of Emulsion Flight).

I det tredje foredraget redegjorde R. Møllerud for det arbeide som utføres på Fysisk Institutt i Bergen med analysering av boblekammerfilm. Formålet med eksperimentene er i første rekke å bestemme kaskade-hyperonenes egenskaper, som levetid, spinn osv. Disse studier drives i samarbeid med en gruppe utenlandske institutter (CERN's T 8 eksperiment) og er basert på 260.000 stereoskopiske fotografier tatt i et 250 liters boblekammer fylt med freon.

O. Aspelund redegjorde for eksperimenter som utføres ved A.B. Atomenergi's Van de Graaff-laboratorium i Studsvik i Sverige over nøytronpolarisasjon i MeV-området.

I sesjonen for *reaktorfysikk*, under ledelse av Dr. B. Grimeland, ble det holdt 7 foredrag, alle av fysikere som for tiden arbeider ved IFA's anlegg på Kjeller eller i Halden. G. Randers innledet med et foredrag om «Reaktorene på Kjeller og forskningsprogrammet i fysikk». Han begynte med å konstatere at det ved IFA vesentlig ble drevet anvendt forskning, men hevdet at det i dag var vanskeligere å skjelne mellom ren og anvendt forskning enn det har vært tidligere. Han mente også at institutter som CERN, hvor det drives bare ren forskning, ikke ville ha blitt opprettet hvis det ikke var fordi kjernefysikken har vist seg å ha så stor praktisk betydning. I resten av sitt foredrag ga Randers en oversikt over fysikkprogrammet ved IFA. Dette er delt opp i tre deler, reaktorfysikk, faste stoffers fysikk og kjernefysikk. Aktiviteten er temmelig omfattende innen de første områder og stort sett begrenset til fisjonseksperimenter når det gjelder kjernefysikk.



Reaktorskolen på Kjeller.

Arbeidene i Halden ble omtalt av H. Ager-Hanssen, N. Standal og J. E. Lunde. Man er særlig interessert i å få bestemt reaktorens dynamiske egenskaper. Måling og beregning av effektkoeffisientene, som angir hvorledes reaktiviteten endres med temperatur og dampmengde, er av stor betydning, og likeledes en undersøkelse av kokingens innflytelse på effektfordelingen. Som kjent har alt forskningsarbeid i Halden vært drevet som et internasjonalt prosjekt, og det er meningen at dette arbeid skal fortsette ennå i noen tid fremover.

C. H. Millar omtalte NORA, den nye reaktor på Kjeller. Denne drives i samarbeid mellom IFA og det internasjonale atomenergibyrå i Wien. NORA er en nulleffektsreaktor på Kjeller. Denne drives i samarbeid reaktorfysiske eksperimenter. Man kan prøve ut en rekke forskjellige brenselselementer, anbrakt i forskjellige gittere. Millar omtalte spesielt forsøk som var planlagt for å undersøke virkemåten av en såkalt spektralskift reaktor. I en slik reaktor begynner man med tungt vann som moderator og så meget uran at systemet er undermoderert. Etterhvert

som brenselet brukes opp og reaktiviteten synker tilsettes lett vann til moderatoren og reaktiviteten vil stige igjen. Derved kan brenselet brukes lengere enn i en vanlig reaktor.

E. Andersen omtalte reaktoren JEEP II som er under bygning på Kjeller. Den vil få en maksimal termisk fluks på ca $2 \cdot 10^{13}$ n/cm^2 sek. Som brensel skal brukes lett anriket uranoksyd og som moderator tungt vann. Muligens vil den senere bli kjørt som en spektral-skift reaktor. I det siste foredraget talte H. Christensen om uløste problemer i forbindelse med koking og strømning av vann-damp blandinger. Under arbeidet med kokende reaktorer har det vist seg at kokingen som fysikalsk prosess betraktet er svært lite kjent. Resultatet av endel nyere undersøkelser ble lagt frem.
og pyrimidale ordninger av momentene. Eksempler på slike studier ble hentet fra arbeidene ved nøytrondiffraksjonsgruppen på Institutt for Atomenergi.

Sesjonen *kjernefysikk*, med professor R. Tangen som møteleder, ble innledet med en rapport ved J. M. Hansteen og O. Lønsjø om akselerator-fysikk-symposiet på Golå i mars (se Fra Fysikkens Verden, hefte 1, 1962).

To innlegg behandlet stripping reaksjoner. T. Holtebekk la fram resultater fra en undersøkelse utført ved University of Michigan. Han la hovedvekten på å undersøke energinivåer i kjernen ^{33}Cl, og hvordan disse kan beskrives ut fra en kollektiv rotasjonsmodell. A. Erdal og A. Graue i Bergen har studert reaksjonen ^{9}Be(d.n)^{10}B ved hjelp av et hurtig time-of-flight spektrometer. De var vesentlig interessert i å studere reaksjonsmekanismen for stripping prosessen.

A. W. Berge og O. Lønsjø la fram en grafisk metode til å forenkle regnearbeidet ved analyse av utbyttekurver for proton innfangningsreaksjoner.

Sesjonen ble avsluttet med et innlegg av K. Skarsvåg og K. Bergheim ved Institutt for Atomenergi, som hadde studert utsendelsen av nøytroner fra fisjon av uran 235. Til dette hadde de anvendt de moderne halvleder tellere som gir meget god oppløsning.

Bidragene til sesjonen for *faste stoffers fysikk* med Dr. T. Riste som møteleder var fra vidt forskjellige felter innen området. Innledningsforedraget av A. Tonning var om nyere forsterkningsprinsipper basert på fenomener i faste stoffer. Han kom inn på bruken av tunneleffekt i halvledere og supraledere og stimulert emisjon som blir brukt i de såkalte «masere», samt akustiske forsterkere som ikke brukes til forsterkning av akustiske bølger, men til forsterkning av elektriske bølger.

O. Trønsdal og H. Sørum hadde studert interdiffusjon av Cu-Ni ved en røntgenmetode som ga opplysninger om diffusjonskonstanter.

D. Foss og O. Herbjørnsen la fram resultater fra sonerensning av aluminium. De hadde også gjort etseforsøk på aluminium av forskjellig renhet, bl. a. for studier av dislokasjonstetthet.

J. Løvseth hadde studert den innflytelse forskjellige adsorberte gasser hadde for positroniumdannelse i amorft aluminiumoksyd.

T. Amundsen og T. Olsen hadde målt varmeledningsevnen i niob over og under transisjonstemperaturer for overgang til supraledende tilstand, og analysert de forskjellige bidrag til varmeledningsevnen.

H. Høgåsen hadde målt levetiden for 14 KeV nivået i Fe^{57} ved å benytte hurtige γ-γ koincidensmålinger hvor han brukte en tynn kilde av Co^{57} innleiret i Fe^{57} av forskjellig tykkelse.

(Fortsettes i neste hefte).

Lindsay, Margenau, Menzel, Gibbs, Einstein, Weyl, Houston, Heisenberg, Schwinger, Kemble, Herzberg, Mott, Jones, Beyer, Marshak, Dryden, Murnaghan, Bateman, Basset, Lamb, Helmholtz, Rayleigh, Brillouin, McLachlan, Slater, Mach, Conrady, Drude, Newton, Loeb, Mason, Weaver, Cornelius, Lorentz and Maxwell.

Dette er noen av forfatterne i den kjente og rimelige DOVER-serien som jeg har stort lager av. Katalog sendes gjerne.

**P. Frank and R. von Mises,
Die Diffential- und Integralgleichungen
der Mechanik und Physik
kan igjen skaffes.**

F. BRUNS BOKHANDEL
TRONDHEIM

Vi er enerepresentant i Norge for disse verdenskjente firmaer:

HEWLETT - PACHARD

leverer måleutstyr fra DC til R-bånd.

RHODE & SCHWARZ

leverer HF-, VHF-kommunikasjonsutstyr samt måleinstrumenter.

TEKTRONIX INC.

leverer oscilloskop og kalibreringsutstyr.

Kontakt oss i

MORGENSTIERNE & CO

INGENIØRFIRMA

WESSELS GATE 6, OSLO — TELEFON 42 99 93

STEDET FOR KOMPONENTER OG INSTRUMENTER TIL INDUSTRI OG FORSKNING

Brev fra leserne

Denne spalte er åpen for korte innlegg fra leserne. Redaksjonen håper på denne måte å skape en nærmere kontakt mellom leserne og mellom leserne og redaksjonen.

VASKEBRETT

Herr redaktør:

Sivilingeniør Solem grubler i siste nummer av F.F.V. litt over fenomenet «vaskebrett» på våre veier. Det har også andre gjort; det finnes en relativt stor litteratur om emnet. Det antakelig nyeste bidrag er: «The Cause of Road Corrugations and the Instability of Surfaces under Wheel Action», av K. B. Mather, i «Civil Engineering», (England) for mai 1962, s. 617–620. Der finnes også en litteraturfortegnelse.

Norges Byggforskningsinstitutt,
Oslo, juni 1962. *Rolf Schjødt.*

Vi takker dr. Rolf Schjødt for henvisningen. I følge Mathers artikkel finnes to teorier for dannelsen av vaskebrett:

1. *Vaskebrett oppstår på grunn av oscillasjoner av bilhjulene. Dette er naturligvis en meget nærliggende teori.*
2. *Vaskebrett skyldes følgende effekt: Når bilhjulet triller, vil det skyve foran seg en liten del av vegsanden. Det danner seg da en liten sandhaug, som stadig vokser, foran hjulet. Når sandhaugen har nådd en viss størrelse, vil motstanden mot videre skyvning bli for stor, og hjulet triller over haugen.*

Inntil nå har den siste forklaring vært ansett som den mest plausible. Nå viser imidlertid Mather at denne forklaringen ikke stemmer med eksperimenter han har foretatt, og at oscillasjonsteorien i en eller annen modifikasjon kan ha meget for seg. En interessant observasjon er at vaskebrettet ved trafikk flytter seg sakte i kjøreretningen.

Spørsmålet er altså ikke klarlagt, så ennå kan nye teorier fremsettes. Våre lesere skulle vel også ha god anledning til fortsatte studier av fenomenet på våre veger.

Red.

Herr redaktør:

I hefte 1 for 1962 stiller sivilingeniør Solem noen spørsmål i forbindelse med vaskebrett på våre veier. Etter mine observasjoner er det et fenomen som er forbundet med grus-veier og vi får håpe at det derfor vil få mindre betydning etterhvert som våre hovedveier får sin permanent-behandling.

Imidlertid er jeg en sterk tilhenger av å «Gå en tur først» og da møter man et liknende fenomen, nemlig de staupene som opptrer i beferdede løyper. Det har alltid forundret meg at slike staup kan oppstå selv på helt flate strekninger. Jeg vil derfor gjerne fremsette de samme spørsmål om dette fenomen som de sivilingeniør Solem stillet om veienes vaskebrett.

Ordene «veilegemets beskaffenhet» må da tilpasses til å gjelde «løypas beskaffenhet og føreforholdene» mens «kjøretøyenes egenskaper» må leses som «skienes egenskaper», så som lengde, bredde, stivhet etc. Skiløpernes gangsett, altså skiteknikken, kommer vel også inn i billedet.

Oslo i juni, 1962.

Med hilsen
Paul Qvale.

ÅRETS ARTIUMSOPPGAVER I FYSIKK

Fra en leser har vi fått et notat som i virkeligheten berører et stadig tilbakevendende problem i all naturfagundervisning. Hvordan skal vi på de forskjellige undervisningstrinn best beskrive naturens ofte meget intrikate virkelighet? På den ene side må vi nødvendigvis forenkle og skjerme av for vanskeligere detaljer, på den annen side må vi ikke forenkle så meget at framstillingen blir gal. Vi tør vel si at våre lærebøker i realskole og gymnas stort sett klarer denne vanskelige balansegang meget godt. Problemenes mangfoldighet tatt i betraktning, er det imidlertid ikke forbausende at enkelte avsnitt både i den ene og den annen bok kan bli diskutable.

Lektor H. Sollie, Horten har trukket fram nedenstående eksempel i en henvendelse til Undervisningsrådet. Med Undervisningsrådets tillatelse gjengir vi både denne henvendelsen og svaret.

Til Undervisningsrådet,
Oslo.

I oppgave nr. 2 for elever som legger opp Isaachsens reviderte utgave 1960 skal man gjøre rede for et forsøk som fører fram til formelen for kraften på en strømleder når

denne er plasert mellom polene på en elektromagnet. På side 64 i læreboken er dette beskrevet. Men denne fremstillingen er dessverre nokså gal. Formel (2), $K = \mu_0 HIl$ gjelder slett ikke når strømlederen er lagt i luftgapet på en elektromagnet som vist i figur D 10–3 i læreboken. Formelen gjelder bare når lederen er lagt inn i en luftfylt torus eller i en lang luftfylt spole.

Hvis oppgave nr. 2 skal besvares riktig, må man betrakte reduktansen eller den magnetiske motstand som en seriekopling av motstanden i jern og motstanden i luftspalten. Dette er beskrevet på side 78. Men dette er trykt med petit og er altså ikke pensum.

Horten, 10. *mai*, 1962.

Deres
Halvard Sollie.

Lektor Halvard Sollie,
Horten Tekniske Skole,
Horten.

Takk for Deres brev av 10. 5. 1962. De har selvsagt rett i Deres merknad om framstillingen av dette avsnitt i Isaachsens lærebok. I skoler som skal gi en videregående undervisning i elektroteknikk må denne behandlingen være ganske utilstrekkelig.

Allikevel må en vel si at læreboka behandler dette forsøket med en slik grad av nøyaktighet som gymnaspensum tillater. Med den toleranse en må finne seg i på dette trinn og med den apparatur en kan bruke i gymnaset, gjelder at kraften er proporsjonal med amperevindinger pr. meter. Etter oppgavens ordlyd kreves det ikke at besvarelsen skal gå noe inn på den konstant som da må opptre i loven. Elevene i gymnaset er jo avskåret fra det. En kan vanskelig tro at noen lærer overhode har gått utenom pensum på dette punkt. Det er som kjent vanskelig nok å få tid til en skikkelig gjennomgåelse av det ordinære pensum.

En har ventet litt med dette svaret i tilfelle noen sensor eller lærer skulle melde om vanskeligheter for eksaminandene i forbindelse med oppgave II. Noen slik melding er ikke hittil kommet til Undervisningsrådet.

Oslo, 25. *mai* 1962.

Agvald Gjelsvik.

Angjeldende oppgave lyder:

II. Et rett stykke av en strømførende leder henger i et homogent magnetfelt, vinkelrett på feltretningen. Hvilken regel kjenner du for retningen av den kraften som virker på lederstykket? Tegn figur.

Grei ut om forsøk som fører fram til et matematisk uttrykk for denne kraften når lederstykket henger mellom polene på en elektromagnet.

LYDBÅNDGJENGIVELSE

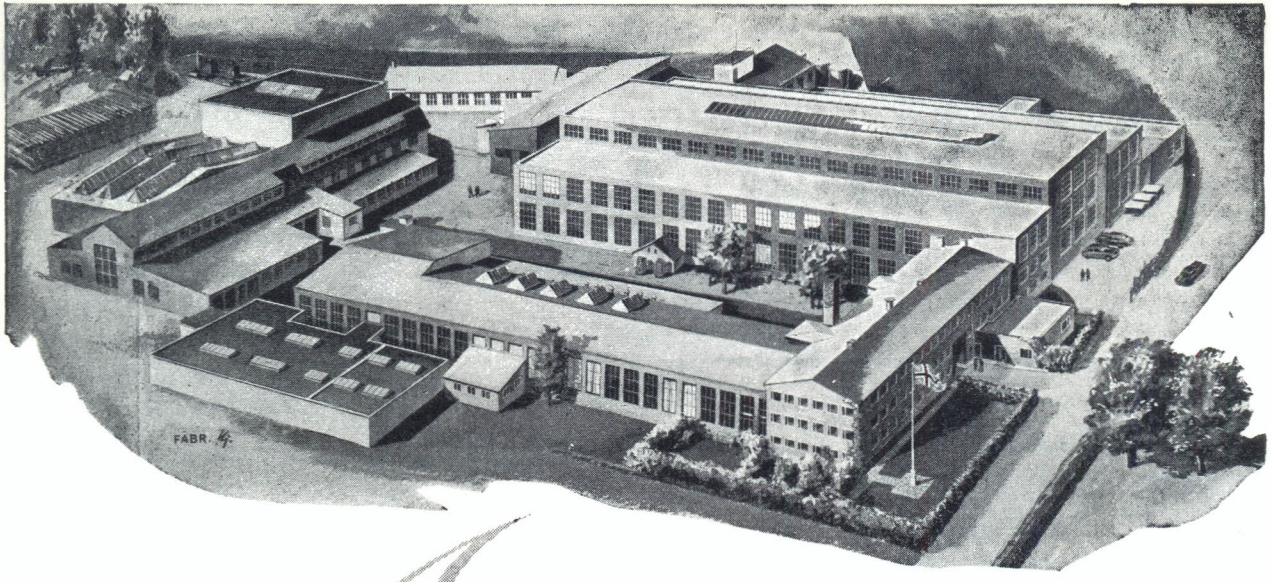
Herr redaktør:

Den enfoldige kan undre seg ofte og med rette i denne vår teknikkens verden. Mitt problem er ikke så stort, men likevel kunne det være interessant å høre hva fagfolket sier om følgende:

Etter å ha holdt et foredrag som ble tatt opp på lydbånd fikk jeg det kjørt umiddelbart etterpå. Da kunne jeg ikke kjenne igjen min egen stemme. Ordene var imidlertid mine, så det var ingen feil med det. At lydbåndgjengivelsen, for den som har talt det inn, høres annerledes ut enn når han hører sine egne ord fra en talerstol, er ikke noe nytt. Men dette, at det er en betydelig forskjell, har fått meg til å tenke på følgende: Det er en rekke mennesker som er rent fenomenale når det gjelder å etterape andres tale og dialekt. Rett som det er, har vi i Kringkastingen programposter som er meget fornøyelige, og en vet ikke om det nu er statsministeren som taler eller en som aper etter ham. Hvis jeg nå skulle prøve å holde en tale a la statsministeren, så ville det kanskje for meg selv høres ut som jeg greier det ganske godt, men taes det opp på et lydbånd, så ville det ikke likne på langt nær så meget som jeg synes det gjør mens jeg hører min stemme «in natura». Hvordan skal det forklares? Det er jo tildels en meget betydelig forskjell og problemet er da hvordan de som etteraper kan få det til å lyde som det gjør når de setter igang.

Trondheim, i mai 1962.

Eyvind Ottesen.



Fra vårt fabrikk-anlegg i Oslo...

leverer vi:

Transformatorer — fra de største — store som hus — for de store kraftanlegg, — til de minste fordelings-transformatorer av den typen som man kan se i ledningsstolpene landet over.

Elektra elektrovarmeapparater, — fra dampkjeler til komfyrer, vannvarmere, panelovner o.s.v.

Mottoet ved all vår produksjon er:

KUN DET BESTE ER GODT NOK

A/S Per Kure

OSLO - BERGEN - HAMAR - KRISTIANSAND S. - LARVIK
STAVANGER - TROMSØ - TRONDHEIM - ÅLESUND

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Sverre Westin

Styre: Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Leiv Harang
Dr. philos. Anders Omholt
Dosent Steingrim Skavlem.

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

Postgirokonto: 88388 **Bankgirokonto:** 36880 – 285

Fra Fysikkens Verden

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

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

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

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,—.

Ekspedisjonens adresse: Fysisk Institutt, N. T. H. Trondheim.

Postgirokonto: 10472 **Bankgirokonto** 36545–285

Aktietrykkeriet i Trondhjem