

Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISKE SELSKAP

INNHOLD

Professor S. Rosseland 70 år	25
CERN's tiårsjubileum	28
Elementære eksitasjoner i faste stoffer	33
Brev fra leserne	36
Ett nordiskt partikel- fysikinstitut? Del 2	37
AHA-spalten	40
Siena-konferansen	40
Fysikalsk-kjemiske prosesser i bestrålt vann, del 2	42
Et norsk laboratorium for kjerneforskning	45
Bøker	47

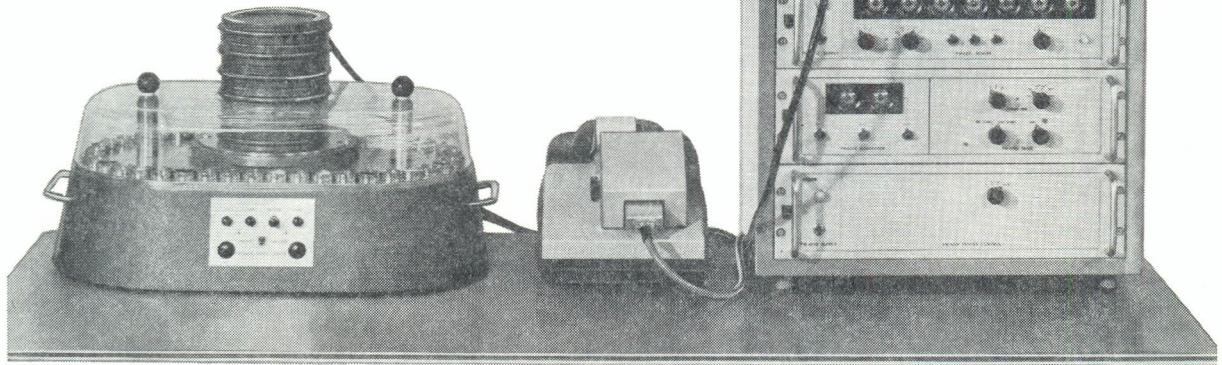


SIENA – Il Campo

*Elementærpartikkelen-konferansen
i Siena (side 40)*

Nr. 2 - 1964
26. årgang

Måleapparatur for RADIOAKTIVITET



Vår omfattende serie av telleapparater leveres nå som transistoriserte enheter. Det nye modulsystemet muliggjør oppbygging etter behov. Full automasjon kan oppnås ved hjelp av prøvebytttere for faste stoffer eller væsker og automatisk utskrivning av måleresultatene.

SPESIELT NYTT:

- Anticoincidence gassdetektor
- Gjennomstrømningscelle for væsker
- Scintillasjonsdetektor med 3" krystall
- 400 kanaler pulshøydeanalyseator (lev. 1965)
- Neutronsgenerator med flux 10^{10} n/sek. (lev. 1965)

Universalteller for:

G. M. —, scintillasjons-, proporsjonal-, og anti-coincidence detektor.



PHILIPS



elektroniske måleinstrumenter

PHILIPS AVD. INDUSTRI OG FORSKNING, POSTBOKS 5040, OSLO 3, TELEFON 46 38 90

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 2 - 1964

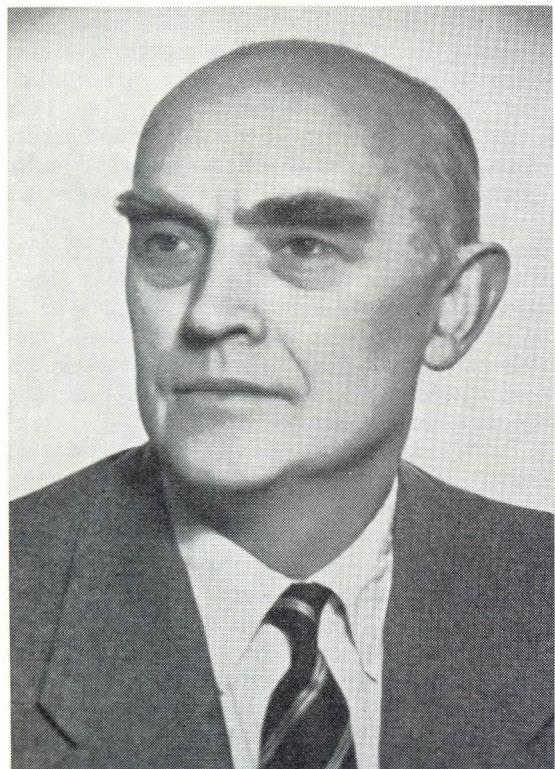
Redaktør: HAAKON OLSEN

26. årgang

Professor

SVEIN ROSSELAND

70 år



Professor Rosseland's store innsats som vitenskapelig administrator har vært omtalt andre steder. Her skal vi i første rekke se på hans virksomhet som forsker og lærer.

Professor Svein Rosseland ble født 31. mars 1894 i Kvam i Hardanger. Etter artium i 1917

begynte han å studere i Oslo. Men han fullførte aldri matematisk-naturvitenskapelig embeteksamen. Den eneste eksamen han avla ved Det Kongelige Fredriks Universitet var i astronomi bifag i 1918. Det neste skritt på den akademiske løpebane var den filosofiske doktorgrad som han ble tildelt i 1927 på avhandlingen, «On the internal constitution of the stars». En slik ukonvensjonell begynnelse på en vitenskapelig karriere var uvanlig nok den gang; i dag da universitettsstudiet i stadig større grad får karakteren av skolegang med kurser og poengtall, synes den helt umulig. Årene frem til doktordisputasen i 1927 er kjennetegnet av en blomstrende vitenskapelig produksjon som forbløffer med sin allsidighet og rikdom på orginale ideer.

Fra 1918–20 arbeidet Rosseland som assistent for Bjerknes i Bergen. Den bakgrunn i hydrodynamikk han her fikk har sikkert betydd meget for hans senere arbeide som for en stor del er viet anvendelsen av hydrodynamikk på astrofysiske problemer. Helt avgjørende for hans fremtidige arbeidsfelt ble det at Bjerknes i 1920 skaffet ham et stipendium til København. Rosseland kom her inn i det fruktbare miljø omkring Niels Bohr. Nettopp på denne tid var Fysisk institutt i København sentret for utviklingen av de nye synsmåter i atomfysikken og klarere enn de fleste må Rosseland ha sett

den store utfordring som lå i anvendelsen av disse nye resultater i astrofysikken.

Rosseland's første vitenskapelige publikasjon var et arbeide sammen med Oscar Klein i 1921. Her blir det for første gang vist hvilken rolle støt av annen orden spiller for likevekten mellom materie og stråling. Dette viktige arbeide ses ennå ofte sitert.

I 1923 besøkte Rosseland Holland og England. På denne reise traff han mange kjente fysikere og astronomer; spesielt viktig ble bekjentskapet med Eddington. Om Rosseland's besøk i Cambridge skriver denne: «We discussed the cosmic cloud (which by the way, had not then been discovered). We reached no conclusion because by the end of our discussion I was defending the view with which he had originally started and he was supporting the theory with which I had begun!» Rosseland publiserte ingen arbeider over interstellar materie før i 1938. Men det fremgår av de henvisninger Eddington gir at det essensielle spørsmål om temperaturen i det interstellar rom, hvor det opptrer store avvikeler fra Planck's lov for forbindelsen mellom spektralfordeling og energi-tetthet, først gang må ha blitt klart formulert under disse samtaler.

Allerede i 1924 kom en avhandling som i ganske særlig grad skulle gjøre hans navn kjent. Det er et arbeide på knappe fire sider om absorbsjonskoeffisienten i det indre av en stjerne. Han viser her hvordan middelverdien av absorbsjonskoeffisienten over frekvensen skal beregnes i et område der strålingsfluksen er konstant. Denne metode for beregning av absorbsjonskoeffisienten står gjengitt i alle astrofysiske lærebøker og går under navn av «Rosselands middelverdi». Blant hans tidligste arbeider må også nevnes hans undersøkelse fra 1924 over elektrostatiske felter i stjernematosfærer. Denne teori som Pannekoek før hadde behandlet, men som Rosseland ga en elegant utformning, er nå klassisk astrofysikk.

I 1924 reiste han til Mount Wilson observatoriet i California med et Rockefeller stipendium. Her tilbragte han to år. I denne meget produktive periode fullførte han sitt doktorarbeide, det er datert 1924. I et annet arbeide fra Mount Wilson, «On the origin of bright lines in stellar spectra», fra 1926 behandler han atomenes emisjon i et fortynnet strålingsfelt. Ved en enkel modell viser han hvordan slike avvikeler fra termodynamisk likevekt fører til at det settes opp såkalte sykliske overganger («Rosselandsykkel»). Dette var et fundamentalt arbeide som åpnet veien til

forståelsen av eksitasjonsprosesser og abnorme linjeintensiteter i en rekke astronomiske objekter, først og fremst i stjerner med utstrakte atmosfærer. I de senere år har slike prosesser vist seg å spille en avgjørende rolle også i solens atmosfære.

Strålingstransport i et medium i bevegelse er behandlet i et annet arbeide fra 1926. Dette vanskelige emne er foreløpig lite studert, men Rosseland peker her på metoder som fortsatt er høyst aktuelle f. eks. i teorien for solflekker.

Etterat Rosseland ble utnevnt til professor i astronomi i Oslo i 1928 og som «visiting professor» ved Harvard 1929–30 tar han for seg en rekke forskjellige problemer både i astrofysikk og geofysikk. Et arbeide omhandler viskositeten i stjernematerie, et annet relaksjonstiden i et stjernesystem, et tredje temperaturen i de høyere lag av jordatmosfæren. Han fikk på denne tid det ærefulle oppdrag å skrive artiklen om kvantmekanikk i den store astrofysiske encyklopedia, «Handbuch der Astrophysik». Dette arbeide fra 1929 er en ypperlig oversikt som også omhandler statistisk mekanikk, disosiasjonsteori og andre emner som er av spesiell astrofysisk interesse.

Hans første bok, «Astrophysik auf atom-theoretische Grundlage», utkom i 1931. Rosseland's bakgrunn i hydrodynamikk såvel som i atomfysikk er her samlet til et bredt syn, til en programerklæring innen astrofysikken. Spesielt må nevnes at det her for første gang blir pekt på turbulent bevegelse er regelen og ikke unntagelsen i stjernene.

I 1931 kom også det første arbeide over pulserende stjerner, hvor han utvikler formler for bestemmelsen av en stjernes stabilitet. De metoder som her er angitt har fått stor anvendelse, spesielt i de siste år da bruk av elektroniske regnmaskiner har muliggjort studiet av mere realistiske modeller. Behovet for store regnmaskiner så Rosseland tidlig, og ved det nyopprettede Institutt for Teoretisk Astrofysikk ble det installert en differential-analysator med mekaniske momentforsterkere. Denne maskin var en av de første i Europa i sitt slag, den største i verden og den første ved et astronomisk institutt.

Hans viktige monografi, «Theoretical Astrophysics», med undertittel, «Atomic theory and the analysis of stellar atmospheres and envelopes» ble publisert i 1936. Den inneholder som alle Rosseland's arbeider mange originale ideer og utmerker seg med sin klare fremstilling. Innledningen til denne bok har fått

en utformning som minner mer om en dikters verk enn om opplegget til en vitenskapelig monografi. Her gir han bl. a. sitt syn på naturvitenskapen: «For in the majestic growth of science, analytical in its experimental groping for detail, synthetic in its sweeping generalizations, we are watching at least one aspect of the human mind, which may be believed to have future of dizzy heights and nearly unlimited perfectibility».

I de siste årene før krigen er det først og fremst teorien for roterende stjerner som er emnet for Rosselands forskning. Under krigen, etterat han sammen med sin familie på en dramatisk måte hadde unnsloppet til Sverige og via Sibir kom til USA var han fra 1941 til 1946 professor ved Princeton. Fra 1943 hadde han permisjon og var da engasjert i britisk og amerikansk krigsforsking. I denne tid arbeidet han først og fremst med undervannseksplosjoner og med radar. Men allikevel fikk han tid til noen astronomiske syssler. Han holdt i 1943 en George Darwin forelesning i The Royal Astronomical Society i London over teorien for pulserende stjerner. Denne teori var også emnet for hans foreløpig siste bok, «The pulsation theory of variable stars», som utkom i 1949. Boken gir ikke bare en konsis oversikt over et omfattende emne, men peker på aktuelle oppgaver og gir en rekke originale bidrag særlig vedrørende spørsmålet om pulsasjoner med endelig amplitud og om tolkingen av nova-fenomenet.

I årene etter krigen var det spesielt arbeidet med å få reist et moderne astronomisk observatorium i Norge som opptok Rosseland. Av flere grunner, ikke minst klimatiske, ble det besluttet å spesialisere seg på solen. Solobservatoriet på Harestua ble innviet i 1954, og var da et av de meget få steder i verden som både hadde utstyr for optiske og radioastronomiske observasjoner av solen.

Professor Rosseland er kjent som en utmerket popularisator. Han har skrevet «Stjernehimlen» som utkom i 1934, og en lang rekke artikler i dagspressen. Hans populærvitenskapelige foredrag er legio. Den lille bok, «Jorda og universet» fra 1940 er en lærebok for gymnasiet. Den må imidlertid med sin

vekt på astrofysikken ha vært vanskelig å innpasser i det merkelige fag «matematisk geografi», for den slo ikke særlig an, til tross for at den var både velskrevet og manglet sine forgjengeres støvete preg.

Med et våket blikk for nye forskningsfelter har professor Rosseland fått studenter og unge forskere interessert også i astrofysikkens grenseområder. Her skal spesielt nevnes plasmafysikk, kunstige satellitter og kosmologi. På det siste området har han sterke interesser som går tilbake til hans tidligste år som forsker, da han skaffet seg et inngående kjennskap til relativitetsteorien.

I vår, samtidig med 70-års dagen kan professor Rosseland feire tre andre jubileer. Det er 30 år siden Institutt for Teoretisk Astrofysikk ble opprettet med midler skaffet tilveie fra Rockefeller Foundation. Samtidig fikk det nye institutt sitt eget tidsskrift, *Astrophysica Norvegica* publisert gjennom det norske vitenskapsakademiet. Som redaktør gjennom alle år har Rosseland lagt stor vekt på formen og på at språket har fått en respektfull behandling. Det er dessuten 10 år siden Solobservatoriet på Harestua ble innviet. Både Astrofysisk Institutt og Solobservatoriet er i høyeste grad professor Rosseland's personlige verk. Det er de eneste steder hvor det drives astrofysisk forskning i Norge. Ikke mange astronomer har i liknende grad personlig inspirert og ledet utviklingen i et land som Rosseland under sitt mer enn 36 år lange virke som professor i Oslo.

Hans mange epokegjørende arbeider innenfor en rekke områder av astrofysikken har gitt Rosseland en sikker posisjon blant astrofysikkens pionerer. Dette kom tydelig til uttrykk ved den spontane oppslutning fra en rekke fremtredende forskere, som ideen om et fest-skrift på 70 års dagen fikk. Førti vitenskapsmenn fra ni land har bidratt til dette spesielle bind av *Astrophysica Norvegica*.

Det er en glede for meg som en blant hans mange elever å ønske ham til lykke med 70 års dagen og å uttrykke håpet om at fremtiden vil bringe mange fruktbare arbeidsår.

Eberhart Jensen.

CERN — eit tiårsjubileum

Helge Øverås

I 1954 vart det førebels *rådet*, Conseil Européenne pour la recherche nucléaire («C. E. R. N.») avløyst av Organisation Européenne pour la recherche nucléaire. Da hadde alle dei 12 opphavlege medlemslanda England, Frankrike, Italia, Vest-Tyskland, Nederland, Belgia, Sveits, Jugoslavia, Hellas, Danmark, Sverige og Noreg ratifisert avtalane, og Europa hadde fått ein permanent forskingsorganisasjon for kjernefysikk med partikkelfysikk som spesialitet, og med sete i kantonen Genève i Sveits, på grensa til Frankrike. Initialordet CERN var alt da så innarbeidd at det har halde seg sidan. Det vitnar om fleire års grundig politisk, administrativt og teknisk førebuingssarbeid. Men desse 10 åra som permanent organisasjon gjev eit høveleg påskot til ei lita «vareoppteljing» – tenkja etter om det har vore pengane verd, så å seia. Fig. 1 syner resultatet i fast eigedom.

Eit lite attersyn over partikkelfysikken opp til den tida da CERN vart grunnlagd, kan kanskje gje noko betre perspektiv over biletet. Nett i planleggingsåra for CERN tok maskinar for alvor til å tevla ut kosmisk stråling som partikkkelkjelde. Dei første partikelakseleratorane hadde rettnok kome tidleg til 30-åra, men dei gav ikkje høg nok energi* til at nye og tunge partikler kunne produserast. Frå midt i 40-åra har reaktorar, som skil seg fundamentalt frå det vi til vanleg kallar partikelakseleratorar, gjeve intense nøytronstrålar, om enn heller ikkje med særleg høy energi. Bortimot 1950 kom dei første mesonproduserande syklotronane, og frå kring 1953 kunne tyngre partiklar, av det slaget som med eit noko uheldig ord ofte blir kalla «strange» (underleg, rar) maskinproduserast. Lista av meir eller mindre studerte partiklar, frå kosmisk stråling eller maskinar, såg på den tid stort sett slik ut: proton (938), elektron (0,5), foton (0), nøytron (939), nøytrino (0), positron (0,5), myon (106), pion (140) og nokre tilfelle av K-meson (495) og hyperon ($\gtrsim 939$). Tala i parantes gjev kvilemassen målt i MeV. Masse er som kjent ei form for energi og blir difor i partikkelfysikken mest praktisk målt i MeV.

* Med «høg» eller «låg» energi siktar vi til energien kvar einskild partikkel har.

Arsenalet av deteksjons- og måle-instrument såg på den tid slik ut: Geiger-teljarar, tåkekammer, magnetiske og elektrostatiske spektrometer og koinsidenskrinsar hadde alt lenge vori i bruk. I slutten av 40-åra vart dei kompletterte med kjerneemulsjonar, scintillasjons- og Cerenkov-teljarar; dei to siste naut særleg godt av framstega til fotomultiplikatorrøyra. Boblekammeret var enda på barnestadiet.

På den teoretiske fronten hadde elektrodynamikk, spesiell relativitetsteori og kvantmekanikk stått si prøve, i allfall kvar for seg. På somme felt, t. d. i Dirac-likninga for elektronet var dei med stort hell førde saman. Eit steg lengre på den vegen var kvante-elektrodynamikken, som etter mykje strev med divergensar spela ut ein trumf da han i 1947 kunne forklare Lamb-forskyvinga i hydrogenspektret som eit resultat av strålingskorrekjonar til Dirac-teorien. For andre krefter enn dei elektro-magnetiske var og kvante-feltteori teken i bruk, om enn slagkrafta korkje da eller seinare heilt har kome opp mot vonene. Dei kreftene som verkar mellom partiklar var klassifiserte i fire slag etter minkande styrke: «sterke», elektromagnetiske, «svake» og tyngdekrafta. For å halda ein viss orden på partiklar og prosessar, hadde fysikarane innført ein del nye merkelappar eller kvantetal, som baryonladning (ei generalisering av atomnummer i kjemien), isospinn (nært knytt til elektrisk ladning) og hyperladning (i nær slekt med «strangeness», som og ofte blir brukt) i tillegg til dei gamle kvantetala meir solid forankra i klassisk kvantmekanikk, som t. d. spinn og paritet. Vi skal ikkje gå nærmare inn på kva desse kvantetala står for, men nøya oss med å nemna at når dei er høveleg valde, kan ein for kvart slag av krefter formulera eit sett bevaringslover og dermed setja opp utvalsreglar for dei prosessane desse kreftene er årsak til. Slik kan ein setja opp lover for mange prosessar utan å kjenna den dynamiske sammenhengen i detalj. Som eit *klassisk* døme på det kan ein nemna støyt mellom elastiske kuler, som er fullstendig fastlagd av impuls- og energibeveringslovene. Kva som hender inni kula, treng ein ikkje vita, anna enn at ho som sagt er elastisk, eller svært nær det.

Fig. 1. CERN med snø på settfrå lufta. Ringen med stjerna inni er PS. Det ubygde området nedst ligg i Frankrike.

Fotografier: Photo CERN.



Akseleratorane i CERN.

Før vi går vidare skal vi sjå litt nærmere på dei to akseleratorane som CERN har.

SC er ein synkrosyklotron. Han kom idrift i 1957 og akselererer proton opp til 600 MeV kinetisk energi mellom polflatene på ein stor elektromagnet. Magnetens veg 2500 tonn, polflatene er 5 m i diameter og gapet mellom dei kring 40 cm (Fig. 2). Protona blir sende inn ved midten og spiraliserer utover i det konstante magnetfeltet etter kvart som energien veks på grunn av «spark» frå eit høgfrekvensfelt i rett fase. Frekvensen ville vera konstant for urelativistiske partiklar, men blir her modulert (med ein stor stemmegaffel!) for å kompensera for den relativistiske masseauken. 50 proton-pulsar i sekundet blir akselererte på denne måten. Når protona har nådd full energi og sirkulerer ute ved randa av magneten, kan ein la dei støyta mot ein metallbit, t. d. beryllium. I denne metallbiten, «target», får ein storproduksjon av pion, som strøymer ut av maskinen i alle retningar og kan fokuserast i større eller mindre grad til ein pionstråle, slik at ein kan gjera eksperiment med dei. Piona kløyver seg etter ei stund ($\approx 10^{-6}$ sek) i eit myon og eit nøyttretto (eit slag nøytrino), så med høveleg fokuseringsmiddel kan ein også få ein bra myonstråle. I staden for å la protonstrålen produsera pion inne i maskinen, går det og an å ta ein del av protona ut og gjera eksperiment med dei der. Den indre, sirkulerande protonstraumen er no kring $1.3 \mu\text{A}$.

Som ein kuriositet kan nemnast at NASA, romforskningsorganisasjonen i USA, driv og

byggjer ein kopi av CERN SC, men visstnok ikkje for å skyta han til månen.

PS er og ein protonakselerator, ein såkalla protontsynkroton. Han gjev mykje høgare energi enn SC, heile 28 000 MeV eller 28 GeV som ein oftast seier, og er bygd etter eit helt anna prinsipp. I PS er det ikkje nokon stor, massiv magnet, men langs ein ring på 200 m diameter står 100 «små» magnetar på kvar 33 tonn. Rundt ringen og i gapet på desse magnetane ligg eit røyr av rustfritt stål med elliptisk tverrsnitt ($7 \times 14.5 \text{ cm}^2$). Det er godt som luft-tømt ($\approx 10^{-6} \text{ mm Hg}$). Inne i dette røyret må partiklane halda seg i heile hovudfasen av akselasjonen. Magnet-

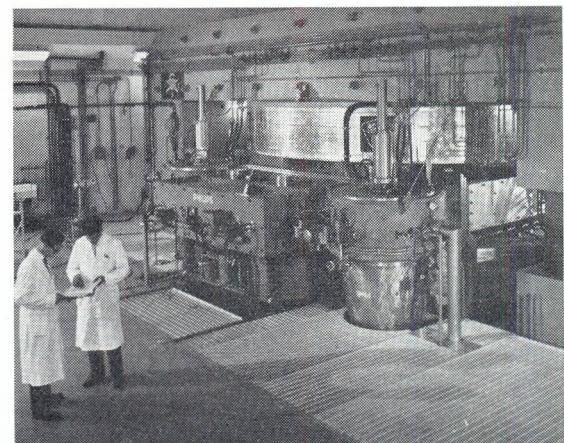


Fig. 2. SC. Inni magnetåket ser ein vikingane (AC) og vakuumkammeret i gapet. Framfor ser ein dei to diffusjonspumpene og stemmegaffelen (Philips).

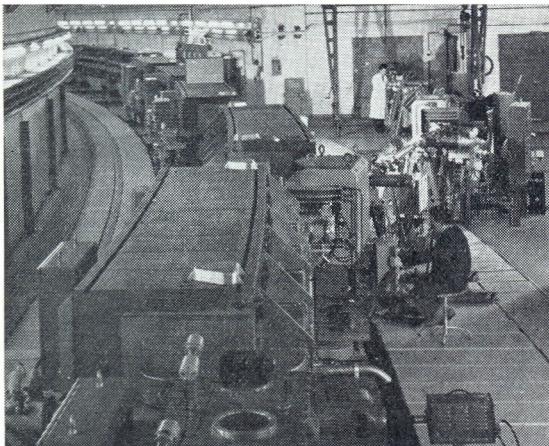


Fig. 3. PS. Injeksjonssystemet. Lineærakseleratoren ligg bak veggjen til høgre. I midten ser ein noko av magnetringen.

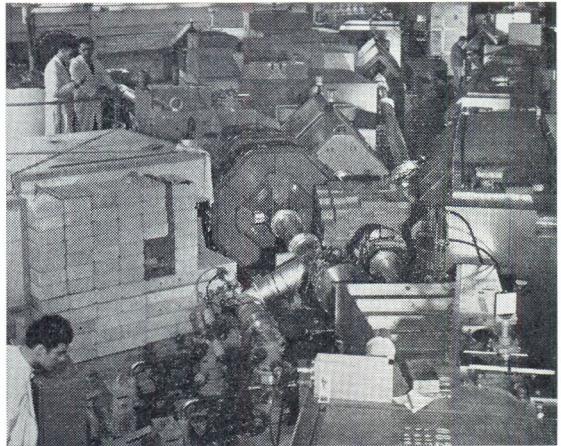


Fig. 4. PS. Eit av targetområda, der sekundærpartiklar blir produserte. Til høgre for midten ein del av magnetringen.

feltet må altså aukast i takt med impulsen til protona, og det må kunna halda partiklane på plass. Polflatene er difor forma ut slik at dei gjev eit sterkt kvadrupolfelt, er sterkt fokuserande som ein ofte seier. Fokuseringa er så god at ved slutten av akselarasjonsprosessen har strålen berre kring 10 mm diameter. Akselarasjonen skjer i tre steg. Først tek ein elektrostatisk akselerator protona frå ionekjelda opp til 0.5 MeV, så ein 30 m lang lineær akselerator opp til 50 MeV. Ved denne energien blir protona førde inn i ringen (sjå fig. 3), som mellom magnetane har i alt 16 akselarasjonsgap der høgfrekvensfelt (54 keV/gap) synkronisert med protonrørsla tek protona opp til full energi. Ved å skyva snøgt eller seinert eit target inn i strålen etter at akselarasjonsprosessen er fullførd, kan ein få ut av maskinen ein kort ($\lesssim 1$ ms) eller lang ($\gtrsim 30$ ms) sekundær puls av partiklar for eksperimentering (sjå fig. 4). Sortering og fokusering av alle dei slag sekundærpartiklar som kan produserast ved så høg protonenergi er åleine eit stort arbeidsfelt. I mai 1963 lykkast det med hjelp av pulsa magnetar å ta ut meir enn 95 % av den sirkulerande protonstrålen på $2 \mu\text{s}$ eller så, og å fokusera han mot ei flate på mindre enn 12 mm^2 . Det har og vore drive vellykka forsøk med å ta protonstrålen ut over ei lengre tid, t. d. nokre hundre ms. Mange teljareksperiment kan gjera seg betre nytte av strålen når han ikkje kjem i for konsentrerte pulsar.

Gravinga for PS tok til i 1954, og han kom i drift i slutten av 1959. Ein reknar at han har kosta kring 100 millionar sveitsarfrank. In-

tensiteten har auka jamt sidan PS kom i drift, og han gjev no pulsar på kring 7×10^{11} proton med nokre få sekunds mellomrom. Det kan køyrast opp til 6 eksperiment i parallel, som delvis brukar ulike strålar frå same target og delvis ulike target.

At PS vart ferdig helst før fastlagd tid, med jamvel litt betre stråle enn lova, som den største akseleratoren i verda for ei stund (til Brookhaven AGS kom i gang eit halvår eller så seinare), må vel til så lenge reknast som den største bragda i CERN.

CERN og partikkelfysikken dei siste 10 åra.

Dei siste 10 åra har vori svært fuktbare for partikkelfysikken, som rimeleg kan vera etter den store innsatsen på området. Mykje har vorti klårarare, både eksperimentelt og teoretisk, men samstundes har så mange nye, interessante og somme gonger helt uventa fenomen dukka opp at her synest vera meir ugjort enn nokon gong før.

Perioden tok til med at tunge partiklar vart maskinproduserte i Brookhaven (USA). I 1955 greidde dei i Berkeley (USA) å framstella antiproton (proton med negativ ladning). Dette høyrer inn under sterke vekselverknader. I 1956 drog nokre teoretikarar i USA i tvil at kvantetalet paritet, som heng saman med refleksjonar i romet, er bevart ved prosessar sette i gang av svake krefter, t. d. elektron (β)-stråling frå atomkjernar, eller myonkløyving. Kring årsskiftet 1956/57 gjekk det difor i USA for seg ei intens eksperimentering for å koma til botnar i dette problemet. Til ikkje lite forundring for mange fysikarar

viste det seg at pariteten ikkje er bevart i svake prosessar: naturen gjer, i allfall naivt sett, her skilnad på høgre og venstre.

CERN SC kom i gang først hausten 1957, så CERN-fysikarane fekk berre vera med på etterraksten av paritetsbrotet. Men eksperimenteringa ved SC kom fort og godt i gang, og alt sommaren 1958 kunne resultat som vakte oppsikt leggjast fram, nemleg $\pi \rightarrow e + \nu$. Etterkvart har ei heil rad gode eksperiment kome derifrå.

Opp gjennom desse åra hadde spreingseksperiment med elektron (på nokre hundre, seinare tusen MeV) gått på først og fremst i Stanford (USA), og nyttig kunnskap om eigenskapane til atomkjernane hadde kome fram gjennom målinga av formfaktorar, dei kollar. Med hjelp av elektromagnetiske krefter, som er vel kjende, kan ein såleis måla eigenskapar hos ein struktur som er halden saman av sterke krefter, som er mindre vel kjende. Å forklara desse formfaktorane for protonet og nøytronet var og er eit nokolunde framgangsrikt felt for teoretikarar med sterke vekselverknader som spesialitet, m. a. i CERN.

Eit sentralt spørsmål har t. d. vore om protonet sjølv har ei eller anna form for kjerne. Dette problemet har og vore studert eksperimentelt gjennom spreiling av proton, pion og K-meson mot proton, der sterke krefter dominerer i sjølv spreingsprosessene òg. Til noko forundring for mange fann, kring 1961, ei PS-gruppe i CERN som dreiv med elastisk proton-proton spreiling til små vinklar, «diffraksjonsspreiing», at diffraksjonstoppen blir smalare når energien aukar. Det vil seia at om ein slik protonkerne finst, ter han seg større og meir gjennomtrengeleg di høgare energien på det innkomande protonet er. Men dette var som det skulle vera etter den noko lausleg samanspikra Reggepol-teorien, som nett da hadde kome opp. Brookhaven stadfeste litt seinare desse målingane for proton-proton spreiling, men fann at t. d. pion-proton spreiling ikkje følgde denne Regge-pol-teorien, i allfall ikkje i grovaste utforming, så han har mist tilhengarar, og teoretikarane leitar no febrilsk etter noko betre.

Sterke vekselverknader byd i det heile på store teoretiske problem, ikkje minst matematiske. Ofte er det vanskeleg å avgjera om eit eksperiment er i strid med teorien fordi han fundamentalt er feil eller berre fordi det er brukt ei uforsvarleg matematisk tilnærming. Ikkje greiare var det for teoretikarane da den pion-proton «resonansen» som Fermi fann

i 1952, vart følgd av ein hærskare av nye, påviste eksperimentelt frå kring 1960 og utetter. Desse «resonansane» er svært kortlivar ($\approx 10^{-22}$ sek) partikkeltilstandar tilstelte av sterke vekselverknader. Noko djupare forståing av eigenskapane deira har ingen, men i det minste ser det ut til at desse resonansane, liksom dei fleste av dei meir levedyktige partiklane som er funne, kan målast inn i eit ikkje altfor komplisert symmetriskjema, som populært går under namnet «the eightfold way» eller oktett-modellen. Meir høgtideleg går det under den gruppeteoretiske nemninga SU_3 , som det er ei utgåve av. Nyleg vann denne oktett-modellen ein liten siger. Etter han skulle det nemleg finnast ein negativ partikel, Ω^- , med masse kring 1680 MeV, og i Brookhaven fann dei i februar i år ein slik ein med masse 1686 ± 12 MeV. Ein viktig føresetnad for oktett-modellen er at hyperona Σ og Λ har same paritet. Det vart fastslått av eit CERN-eksperiment i 1963.

Da studiet av svake vekselverknader hadde fått konsolidert seg etter paritets-brotet, kom kring 1960 andre sider av problemet i framgrunnen. For det første spørsmålet om det er to slag nøytrino, eitt i nær slekt med elektronet og det andre, «nøytrettoet», med myonet. Den svært låge intensiteten målt i CERN for prosessar som $\mu^- + Cu \rightarrow e^- + Cu$ kunne tyda på det. Eit eksperiment i Brookhaven slo i 1962 fast at det er to slag, og CERN stadfeste dette grundig i 1963, så no har i allfall myonet sitt eige nøytrino ved sida at det har 200 gonger større masse enn elektronet. Kanskje har ein her fått ein ørtynn tråd å dra i som ein gong kan føra til full rettferdigging av det noko gåtefulle myonet. For det andre har det vore gjort framlegg om at det i svake vekselverknader fins eit tungt feltkvant, W , som spelar ei rolle svarande til pionet for sterke og fotonet for elektromagnetiske vekselverknader. Problemet er enda uløyst, men CERN har visse resultat som med god vilje kanskje kunne tolkast slik. Endeleg har ein spørsmålet om svake vekselverknader generelt kan formulerast med hjelp av straumar som i somt har eigenskapar som minner om elektriske straumar. Det er mykje som tyder på at det er rette vegen, og eit av dei beste eksperimenta som står viktige sider ved denne hypotesen ($\pi^+ \rightarrow \pi^+ + e^+ + \nu$) vart gjort i CERN i 1962.

I desse siste 10 åra har først boblekammer og sidan gneistkammer av ulike slag vaks fram til viktige detektorinstrument, dei

viktigaste av alle i dag kan ein trygt seia. I boblekammeret fotograferer ein små bobler langs sporet etter ein partikkkel i ei væske, og i gneistkammeret registrerer ein optisk, akustisk eller på anna vis gneistar utløyste av ein partikkkel mellom to elektrodar. CERN gjorde ingen stor pionerinnsats på nokon av desse feltet, men har bygd og brukt ei mengd slik apparatur. Siste året vart det i CERN teke 2.5 mill. boblekammerfotografi og 0.5 mill. gneistkammerfotografi. Seinare har CERN yttert idear og arbeid for å gjera gneistkammer til betre og meir allsidige instrument. Likeeins når det gjeld bygging av apparatur til automatisk utmåling av spor på boble- og gneistkammerfotografi.

Elektroteknikken har i desse åra betra seg mykje, først og fremst takk vere framstega i fast-stoff-fysikken (transistorar, diodar) og trykte krinsar, og vorte billegare, pålitelegare og mindre romstor. CERN har i høg grad fått glede av dette. Ein treng berre nemna siffer-rekne-maskinar, der kravet i CERN til reknekapasitet doblar seg mest kvart år. Den største som er å få i handelen, CDC 6600, blir installert i CERN utpå seinhausten i år.

Vellykka eksperiment med høgenergiakseleratorar krev veldefinerte og intense partikkelstrålar. På dette feltet har somme idear frå CERN, t. d. magnethornet til fokusering av sekundærpartiklar frå eit target, slått an i andre laboratorium og.

Til 1957 hadde teorigruppa i CERN sete i København. Naturleg nok var dei første åra merkte av problem frå kjerne- og akseleratorfysikken, men snart tok ymse utgåver av partikkel-, felt- og meir generell spreiings-teori til å dominera i biletet. Teoretikarane har ved sida av dette halde ikkje så få forelesingsseriørar, og for somme eksperiment, gått inn i eit svært aktivt samarbeid med eksperimentalphysikarane. Som døme på den mangslungne innsatsen i teori kan ein nemna at to teoretikarar i 1957 påviste den nære samanhengen mellom hyperladning og isoparitet. Eit anna storarbeid er nedlagt i studiet av den statistiske modellen for partikkelproduksjon.

Organisasjon.

Nye medlemsland har kome til sidan starten: Austerrike frå juli 1959 og Spania frå januar 1961. Derimot fann Jugoslavia at det heller ville bruka pengane sine på andre felt, og er difor frå slutten av 1961 berre med som observatør.

Årleg budsjett er no på om lag 100 millionar

sveitsarfrank. Av det betaler Noreg 1.5 % som svarar til kring 2.5 millionar norske kroner. Budsjett og prinsipielle retningslinjer blir fastlagde av eit råd, samansett av målsmenn utpeikte av regjeringane i medlemslanda. For Noreg vil det seia utanriksdepartementet. CERN blir administrert av ein generaldirektør, for tida professor V. F. Weisskopf. Under han er eit direktorat på fire medlemer, ansvarlege for kvar sitt felt, og 12 avdelingssjefar. Fransk og engelsk er offisielle språk. I praksis dominerer nok engelsk i det vitenskaplege arbeidet, men fransk står sterkt i mykje av administrasjonen.

Med laust og fast, smått og stort arbeider no bortimot 2000 personar i CERN, av dei kring 20 nordmenn. Mange land, særleg dei store, har heile grupper av fysikarar med utstyr på langtidsgesting i CERN. Meir individuelle gjester og stipendiatar frå heile verda er det også mange av, mellom anna ei nokså regulær utveksling av fysikarar med liknande institusjonar i USA og i Sovjetsambandet. Alt arbeid som blir gjort i CERN er tilgjengeleg for all verda.

Framtidsplanar.

CERN har utan tvil no apparatur og vilkår elles til å gjera partikkelfysikk i fremste line, og programmet for 1964 er tettpakka med eksperiment. Men det er greitt at CERN kan ikkje i all framtid halda seg på høgd med dei akseleratorane det har. Ingen kan i dag seia presis kva akselerator som vil vera mest tenleg om 10 år, men skal nokon ting i det heile vera ferdig på den tid, må alvorleg planlegging gjerast og avgjerd takast snart. Russarane har ein 70 GeV protonsynkrotron i bygging utafor Moskva, og i USA er det sterke tilrådingar om enda større maskinar. Ei europeisk nemnd drøfte desse spørsmåla grundig i fjar og rådde sterkt til at det blir bygd

- a) eit sett lagringsringar for PS,
- b) ein ny akselerator på kring 300 GeV.

I grove drag ligg det ferdig planar for begge desse prosjekta, og på budsjettet sitt for i år har CERN fått ei tilleggsøyving slik at ei studiegruppe skal kunna arbeida ut planane meir i detalj. Lagringsringplanen går ut på at to fokuserande ringar om lag like store som PS blir fletta inni kvarandre. Protonpulsar akselererte opp til full energi i PS blir sende inn i ringane i ulik retning, slik at ein får bygd

opp to kraftige, sirkulerande strålar, og der desse strålane kryssar kvarandre, får ein kollisjonar mellom proton ved 50 GeV i tyngdepunktssystemet deira, som svarar til kring 1300 GeV i akseleratorenergi. Ein enkel lagringsringmodell for elektron er bygd i CERN, så injeksjonsproblema kan studerast i praksis. Frankrike har leidt ut til CERN (for 10 frank året!) eit jordstykke m. a. til lagringsringane, så dersom dei blir bygde, lyt protona kryssa landegrenser. Somme ser noko symbolsk i det.

300 GeV akseleratoren blir eventuelt stort sett ei 10 gonger større utgåve av PS, for stor til å byggjast der CERN er no, jamvel om ein tek i bruk jord frå to land. Så her er tomte-tilbod velkome.

Det kan snautt dragast i tvil at CERN-fedrane har fått vonene sine infridde. Vest-

Europa har i CERN fått eit partikkelfysikk-laboratorium som berre få andre i verda kan måla seg med. Det kan vel henda at CERN ikkje har bobla over av fundamentale idear i fysikken, men både lista av eksperiment, utførde og i emning, og innsatsen i teori tyder på at det i CERN er mange fysikarar som meistrar handverket til fullnads.

Til det kjem at CERN som europeisk eksperiment har vori vellykka. Samarbeidet mellom nasjonane har stort sett gått for seg då ein måte som har fått dei fleste til å gløyma at dei ikkje arbeider saman med landsmenn, og det trass i at dei kvar dag høyrar all verdens tungemål og aksentar.

Det må difor vera lov å tru at den trikkbiletten som kvar nordmann årleg har betalt til CERN for å få meir greie på korleis materien inst inne er bygd opp, ikkje har vore bortkasta pengar.

Elementære eksitasjoner i faste stoffer

Del 1

Man møter fra tid til annen det syn at faste stoffers fysikk, og især disse stoffenes teori, er en delvis uverdig gren av fysikken. Årsakene til dette kan være mange, men én synes å være at man ofte er henvist til modeller som er så idealiserte eller en slik blanding av klassiske og kvantemekaniske begreper at teoriene får karakteren av å være spesielløsninger uten den indre sammenheng vi forlanger av større fysiske byggverk. – Den fysiske årsak til dette er nærliggende. Mens den klassiske fysikk så på de faste stoffene som *legemer*, er de samme stoffene i vår atomistiske tidsalder *mangelegemer*. For oss er problemet derfor ikke lenger å kartlegge hvordan et legeme deformeres under en ytre kraft eller hvordan det magnetiseres i et magnetisk felt, men å skjønne hvordan 10^{23} atomære byggstener brakt nær hverandre til et fast stoff kan gi de elastiske eller magnetiske egenskapene. Gjennom de seneste tiår har det innen de faste stoffenes fysikk utkristallisert seg kvantemekaniske teorier for behandlingen av de kompliserte mangelegemeproblemer vi

Tore Olsen

der har med å gjøre. Blant disse kvante-teoretiske begreper er, uten tvil, det mest fruktbare ideen om elementære eksitasjoner.

Før vi definerer hva en elementær eksitasjon er, skal vi se nøyere på to sentrale problemer i faste stoffers fysikk, nemlig elektron- og fonon-begrepet som begge har vært med på å legge grunnlaget til den generelle teoretiske angrepsmåte som ideen om de elementære eksitasjoner representerer.

Elektroner.

Insisterer vi på et strengt partikkelsbilde av den elektriske ledningsevnen hos metallene, blir den store ledningsevnen til kobber og sølv uhyre vanskelige å forstå. Elektronene må da trenge gjennom det tettpakkede atomgitter som om dette knapt eksisterte. På dette punkt kommer bølgemekanikken oss til hjelp. Istedenfor å se på et enkelt elektron som en lokalisert partikel som forsøker å trenge gjennom gitteret, konstruerer vi bølger som igjen kan danne bølgepaketter, og disse ledes smertefritt gjennom det periodiske gitteret.

Har vi n elektroner, vil dette svare til at vi matematisk formulerer problemet i Schrödingerligningen

Dr. philos. Tore Olsen er universitetslektor i fysikk ved Universitetet i Oslo.

$$\left\{ \sum_i \frac{1}{2m} \mathbf{p}_i^2 + \sum_i U(\mathbf{r}_i) \right. \\ \left. + \sum_{ij} \frac{e^2}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|} \right\} \Phi(\mathbf{r}_1 \dots \mathbf{r}_n) = e \Phi(\mathbf{r}_1 \dots \mathbf{r}_n)$$

hvor \mathbf{r}_i og \mathbf{p}_i er det i -te elektrons koordinat og impuls. Leddene på venstre side er henholdsvis elektronenes kinetiske energi, den potensielle energi som skyldes ionene i gitteret og tilslutt elektronenes egenenergi uttrykt som Coulombenergien.

Men denne formelle ligning er håpløst komplisert. En eksakt løsning selv for meget idealiserte tilfelle er en umulighet. Hovedvanskeligheten er det siste leddet som opererer på koordinatene til mer enn et elektron av gangen og derfor hindrer en adskillelse av de variable, men selv uten dette ledd ville vår mangelektron-ligning være vanskelig å løse. La oss minne om hvordan vi finner brukbare tilnærmede løsninger av ovennevnte Schrödingerligning.

Den groveste tilnærmesle er å sløyfe alle ledd på venstre-siden unntatt det første d.v.s. det som inneholder elektronenes kinetiske energi. Denne approksimasjon representerer *fritt-elektron teorien*, ofte kalt Sommerfelds fritt-elektron teori. På tross av sitt åpenbare urealistiske bilde gir fritt-elektron teorien allikevel brukbare fysiske bilder på enkelte effekter som f. eks. elektroniske bidrag til varmekapasiteten. Siden elektronene følger Fermi-Dirac statistikk fører også denne teori til det viktige begrep Fermiflatten, d. v. s. den flate som i impulsrommet danner grensen mellom de besatte og ubesatte tilstander ved $T = 0 \text{ } ^\circ\text{K}$. La oss tilslutt minne om at energien til en tilstand med bølgevektor \mathbf{k} vil være gitt som

$$\epsilon_{\mathbf{k}} = \frac{\hbar^2 \mathbf{k}^2}{2m}$$

Tar vi med det nest viktigste ledd i Schrödingerligningen, d. v. s. ledd nummer to, kommer vi over på det felt som betegnes som *båndteori*. Vi kan i denne approksimasjon finne løsninger av bølgeligningen for spesielle tilfel'e ved å ta i bruk symmetriegenskapene til atomgitteret. Ionegitterets vesentlige innflytelse er å endre den enkle parabolske sammenheng mellom energien og bølgevektoren og dessuten å gi forbudte energiområder. Derfor navnet båndteori. Denne approksimasjon er kanskje overraskende virkningsfull til å forklare de faste stoffenes elektroniske egen-

skaper f. eks. til å skille mellom gode og dårlige ledere, halvledere og isolatorer.

Så langt, men ikke lenger, kan vi gå med ett-elektronbilde av ledningselektronene. Tar vi hensyn til det siste leddet i Schrödingerligningen, vil hvert enkelt elektron være koblet til alle andre. Den vanlige tilnærrelse man gjør er å si at et elektron beveger seg i et gjennomsnittsfelt fra de resterende elektroner. Vi skriver ladningstettheten fra de andre elektronene som

$$e \sum_{\mathbf{k}} |\psi_{\mathbf{k}}(\mathbf{r})|^2$$

og derfor den potensielle energi til et elektron i posisjonen \mathbf{r} som

$$u(\mathbf{r}) = e^2 \sum_{\mathbf{k}} \int \frac{|\psi_{\mathbf{k}}(\mathbf{r}')|^2}{\mathbf{r} - \mathbf{r}'} d\mathbf{r}'$$

Dette potensialet kalles Hartreepotensialet og skal legges til feltet fra ionene.

Argumentet som førte til Hartreepotensialet er imidlertid galt av to grunner. For det første vil Coulombfrastøtningen sørge for å holde våre *punktladninger* fra hverandre. Det betyr at den korrekte bølgefunksjon må være slik at sannsynligheten for å finne to elektroner nær hverandre, er mye mindre enn hva som følger fra antagelsen om uavhengig bevegelse. Vi har derfor en manko i ladningsskyen rundt hvert elektron d. v. s. noe som delvis redder vårt tidligere ett-elektronbilde, men som også gir en *korrelert bevegelse*. For det andre skal den riktige bølgefunksjon være totalt antisymmetrisk, slik at det må være umulig for to elektroner med samme spinn å være på samme sted i rommet samtidig. Dette er nok en korrelert bevegelse av elektronene, men bare mellom elektroner med samme spinn. Disse korrasjoner fører til at vårt ett-elektronbilde mangler noe vesentlig, nemlig de effekter som ensemplet av elektroner har som sådant, og som ikke direkte ligner på enkeltindividenes egenskaper.

De betraktingene vi har gjort hittil har vært over de stasjonære elektrontilstander, og før vi forlater elektronene så vil vi se litt på deres *dynamiske egenskaper*. Vi ønsker å studere hvordan ledningselektronene i gitteret oppfører seg i ytre elektriske eller magnetiske felter. Vi konstruerer bølgepaketter med gruppehastigheter svarende til hva vi gjør i vanlig bølgemekanikk og får å løse en tidsavhengig bølgeligning av formen

$$\{H' + H^\circ\} \psi(\mathbf{r}, t) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(\mathbf{r}, t)$$

hvor H° er Hamiltonoperatoren i den tids-uavhengige bølgeligning og H' operatoren til det ytre felt. Har vi imidlertid løst den tidsuavhengige bølgeligningen og funnet $\epsilon_{\mathbf{k}} = \epsilon(\mathbf{k})$ lar bølgeligningen seg omforme til

$$\{H' + \epsilon(-i\nabla)\} \psi(\mathbf{r}, t) = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi(\mathbf{r}, t)$$

hvor $\epsilon(-i\nabla)$ er en operator hvor \mathbf{k} i $\epsilon(\mathbf{k})$ er erstattet med $-i\nabla$. Hva dette innebærer kan vi se hvis $\epsilon = \hbar^2 \mathbf{k}^2 / 2m^*$ hvor m^* er en «effektiv masse» d. v. s. en masse, som p. g. a. gitterpotensialet, er forskjellig fra den frie elektronmasse. Vi får i dette tilfellet på høyre-siden

$$\left\{ H' - \frac{\hbar^2}{2m^*} \nabla^2 \right\}$$

d. v. s. et «fritt» elektron med masse m^* utsatt for den ytre kraften med operator H' .

Vi skal trekke én lærdom av dette, nemlig at vi har oppnådd «å gjemme» innvirkningen fra gitterets periodisitet og gjemmetdet er elektronets masse. Ved å snakke om elektroner med varierende masse er vi igjen tilbake til et fritt elektron med de fordeler det betyr for begrepsdannelsen. Hvis den effektive masse er negativ for en ubesatt tilstand og hvis alle tilstander rundt den er besatt, er det ofte en del heller å snakke om positive ladningsbærere med positiv masse. Dette er hva vi i halvledere kaller for hull og er en felles-opptreden av elektronene i et gitter. Men det er, vel å merke, en fellesopptreden av partikler som ikke vekselvirker.

I en kort oppsummering kan vi slå fast at de faste stoffenes elektroniske egenskaper langt på vei kan forklares ved å betrakte elektronene som uavhengige partikler, men som avvikrer fra frie elektroner p. g. a. ionene. Dette bildet er, imidlertid, ufullstendig fordi elektronene tross avskjermingseffekter vekselvirker med hverandre og gir opphav til karakteristiske fellestrek. Disse ensemble-karakteristika mangler i ett-elektronbile.

Fononer.

La oss forlate dette ene eksempl på mangelegemeproblemer i faste stoffers fysikk, hvor man utvilsomt kommer meget langt ved å anta uavhengige *kvasipartikler*, og gå over til å betrakte selve atomgitterets egenskaper. Her kommer man til kort ved å betrakte atomene

som uavhengige partikler. Det er f. eks. umulig å beregne den store varmelednings-evnen til diamant ved å betrakte prosessen som et ensemble av individuelle atomer som svinger rundt visse gitterplasser og nå og da gir litt av sin energi til nabootomene.

For å forklare varmetransport og varmekapasitet vraker vi en modell med individuelle atomer til fordel for en *kollektiv modell* hvor f. eks. den termiske energi er fordelt på de normale svingemoder (svingeformer) som krystallen som helhet kan ha. Hva er så en mulig svingeform for en krystall? Det er enklest å forestille seg svingformene som stående bølger med knuter ved krystallens overflate. Den lengste bølgelengden vil være den med bare én buk, den nest lengste den med to buker osv. Men hvor langt kan vi gå? Det viser seg at de mulige svingemoder dekker et frekvensspektrum opp til en øvre frekvens som er gitt slik at to nabootomer svinger i motfase. Dette svarer til at den maksimale bølgevektor $k_m = \pi/a$ hvor a er atomavstanden. Større verdier av k gir ingen prinsipiell ny bevegelse av gitteret, slik at vi har et begrenset antall svingemoder (Fig. 1). Ved oppstilling viser antallet seg å være 3 ganger antallet atomer d. v. s. det samme tall som mengden av klassiske frihetsgrader.

Hver svingemode som vanligvis blir representert med en stående bølge, kan deles opp i to vandrøende bølger av samme art som vanlige lydbølger. I likhet med fotonbegrepet i et elektromagnetisk felt, kalles kvantene til gitterbølgene *fononer*. Vi har da laget et bilde hvor atomgitteret er erstattet med et tomt volum fylt av en «gass» med fononer. Den matematiske beskrivelse er ikke ulik den vi har for hulromstråling. Denne beskrivelse av gitteratomenes bevegelser stammer fra Debye og er et typisk eksempel på at når partikler står i sterkt vekselvirking med hverandre, så vil de utføre kollektive bevegelser. Fononen er derfor et ypperlig eksempel på en *kollektiv eksitasjon*.

Fononbildet gir at varmekapasiteten skal gå mot null som T^3 ved lave temperaturer. For

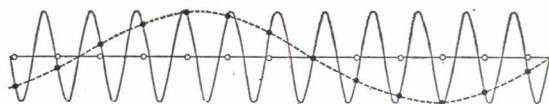


Fig. 1. To svingeformer i en atomkjede. Den kortbølgende svingning ($k > \pi/a$) gir samme forskyvning av atomene som en langbølget svingning med $k < \pi/a$.

å understreke riktigheten av en kollektiv modell, kan det være verdt å peke på hvorfor en annen kvantemekanisk beskrivelse av varmekapasiteten ga galt resultat, nemlig Einsteins modell som ga en eksponensiell avhengighet når $T \rightarrow 0$. Einstein sa at hvert enkelt atom skulle svinge i et gjennomsnittsfelt fra de andre atomene. D. v. s. svinger likt og uavhengig av hverandre. Forklaringen på Einsteins gale resultat ved de lave temperaturer er derfor at atomene ikke svinger fritt, men tvert om i sterk vekselvirkning med sine nærmeste naboer slik at store deler av krystallen beveger seg koherent. Dette gjør seg sterkest gjeldende for de langbølgende svingninger d.v.s. de som dominerer ved lave temperaturer. På den annen side er Einsteins bilde brukbart ved høye temperaturer fordi vi har overveiende kortbølgte svingninger.

Fononene har en vesentlig egenskap felles med de kvasipartikler vi kalte elektroner i metaller, nemlig at de bare i meget liten grad vekselvirker med hverandre. Det betyr at de opptrer som ekte gasspartikler skal gjøre, og de er derfor fruktbare begreper såvel for den matematiske beskrivelse som den fysiske forståelse av en rekke problemer. Studerer man gittersvingningsteori og elektronsteori vil man også finne et annet likhetsspunkt, nemlig at man interesserer seg mindre for grunnstilstandens energi enn eksitasjonsenergiene.

Ut av disse to likhetspunktene springer den generelle begrunnelse for de elementære eksitasjoner. Med andre ord er hovedgrunnene:

1. Bindingsenergien i grunnstilstanden er ikke av primær fysisk interesse. Men hva som er fysisk viktig er oppførselen til de laveste eksiterte tilstandene sammenlignet med grunnstilstanden. D. v. s. de tilstander som er eksitert ved relativt lave temperaturer eller svake ytre felter. Vi retter derfor vår oppmerksomhet mot (som vi gjør det i elektron- og fononeori) de lavliggende eksitasjonsnivåer i et eller annet system fordi disse inneholder systemets karakteristiske egenskaper.

2. De lavliggende tilstander har som oftest en enkel karakter slik at de kan behandles med større matematisk grundighet og fysisk forståelse enn andre tilstander. De vil ha den ettertrakte egenskap at to slike eksitasjoner i et stort system ikke vil interferere med hverandre. Det betyr at et antallet eksitasjoner lite, så vil de fysiske egenskaper, som f. eks. energien, være en lineær superposisjon av elementære ikkevekselvirkende eksitasjoner.

Vi kan derfor generelt definere en elementær eksitasjon slik:

En elementær eksitasjon med impuls \mathbf{k} er den operator som kreerer den laveste eksiterte tilstand med impuls \mathbf{k} fra grunnstilstanden.

Vi har to prinsipielt forskjellige typer av elementære eksitasjoner. For det første *kvasipartikler* som er modifiserte én-partikkelseksitasjoner, f. eks. elektroner i et metall. Disse har egenskaper som i vesentlige trekk minner om de frie partikler av samme slag. Vanligvis er de fermioner. For det andre har vi *kollektive moder* som har sin årsak i den korrelerte bevegelse som vekselvirkningen mellom partiklene fører til. Fononer er et typisk eksempel.

(fortsettes)

Brev fra leserne

Om styrken av metaller.

En innsender spør i Fra Fysikkens Verden, nr. 1 1964 om metallers bruddfasthet kan økes ved elektrisk oppladning (tilføring eller fjerning av elektroner). Vi har forelagt dette spørsmålet for vår medarbeider i faste stoffers fysikk som uttaler:

1. Metalliske konstruksjonsmaterialer brukes normalt bare for påkjenninger under flytegrensa for stoffet. Flytegrensa bestemmes først og fremst av tettheten av dislokasjoner i krystallstrukturen og i hvilken grad disse kan bevege seg uhindret. Legering, herding og kaldbearbeiding vil kunne redusere mobiliteten til dislokasjonene og derfor øke metallstyrken.
2. Kovalent binding i metaller forekommer i de såkalte overgangsmetall som har ufulle indre elektronskall. Til disse hører de viktigste konstruksjonsmetall så som Fe, Ni, Mo og W. Men kovalent binding forutsetter et antall bindingselektroner omkring en kjerne som tilsvarer et fullt skall, hverken færre eller flere.
3. En jernkule på $d = 1$ cm diameter inneholder $4,4 \cdot 10^{22}$ atom. Den har en kapasitet på $C = 2\pi\epsilon_0 d$ Farad. Oppladning med ett elektron pr. atom ville derfor gi den et potensial på $1,3 \cdot 10^{16}$ V, og det er naturligvis umulig. En slik oppladning, om den hadde vært mulig, ville heller ikke ha hatt noen gustig virkning på metallets styrke.

Ett nordiskt institut för elementarpartikelfysik?

Del 2

Gunnar Källén

Från experimentell synpunkt bjuter studiet av de nya resonanserna på mycket invecklade problem. En antydan om detta får man redan genom att försöka förestella sig hur t. ex. en resonans mellan två π -mesoner kan studeras experimentellt. Uppenbarligen kan man ej direkt framställa en «target» av π -mesoner, eftersom dessa har en livstid av endast 10^{-8} sek. Den information man har, erhåller man genom att bombardera nukleoner med t. ex. π -mesoner och studera de inelastiska processer, där en extra π -meson bildas i sluttilståndet. Bland de processer man då iakttar finns några, där de två π -mesonerna i sluttilståndet ej har bildats direkt vid den ursprungliga stötten. I stället har ursprungligen bildats t. ex. en ϱ -meson, som mycket snabbt sönderfaller till två π -mesoner. Dessa utmärkas då av, att de har mycket speciella impulser och energier, som kan beräknas med hjälp av de relativistiske stötlagarna. Under förutsättning att alla π -mesonpar, som har de riktiga impulserna och energierna, verkligen har bildats ur en ϱ -meson, kan man sedan t. ex. mäta träffytan för produktion av ϱ -mesoner vid en π -meson proton stöt. Denna träffyta ger ett mått på sannolikheten att två π -mesoner bildar en ϱ -meson och därigenom på växelverkan mellan de två π -mesonerna. Genom tillräckligt djärva teoretiska antaganden kan man rent av ur mätningar av detta slag få en grov uppskattning av träffytan för spridning av två π -mesoner mot varandra. Uppenbarligen är interpretationen av experiment av denna typ alltid behäftad med en viss osäkerhet, eftersom vissa grundläggande antaganden måste göras om hur de observerade partiklarna har bildats. Analoga metoder måste i allmänhet användas vid studiet också av andra resonanser inom elementarpartikelfysiken.

4. Dagens stora acceleratorer.

För att experimentellt kunna ägna sig åt denna nya fundamentala gren av fysiken är det tydligt nödvändigt att man har tillgång

till en god källa av elementarpartiklar, med möjlighet att framställa så många som möjligt av de kända partiklarna med rimlig intensitet och energi. Den lämpligaste källa till elementarpartiklar man för närvarande känner, är en protonaccelerator med ej alltför liten energi. En sådan maskin kan, om energin är tillräckligt stor, ge upphov till sekundära strålar av andra elementarpartiklar, om dessa ha tillräckligt lång livstid för att kunna observeras utanför acceleratoren. Protonacceleratorer är mycket dyrbara både i sig själva och på grund av den hjälputrustning, som de behöver. Denna hjälputrustning består dels av detektorsystem såsom bubbel- och gnistkammare samt räknare av skilda slag, dels av system för analys av mätresultaten. En lämplig datacentral måste för att acceleratoren skall kunna utnyttjas rationellt dels omfatta avancerade apparater för så automatisk uppmätning av spår i t. eks. bubbelkamrarna som möjligt, dels flera matematikmaskiner av skilda storlekar för numerisk behandling av erhållna data. På grund av de stora kostnaderna för sådana anläggningar har det varit svårt också för större europeiska stater att hålla sig i främsta ledet av elementarpartikelfysiken på rent nationell basis. Egentligen är det endast i USA och i Ryssland, som rent nationell forskning inom detta område är möjlig i dagens läge. Detta är anledningen till att i Europa en sammanslutning, CERN, bildats av ursprungligen tolv stater, däribland Danmark, Norge och Sverige, för bedrivande av elementarpartikelfysik. Från och med 1959 har denna organisation med säte i Geneve haft en 28 GeV protonaccelerator i drift och därigenom berett sina medlemmar möjlighet att aktivt delta i frontlinjeforskningen på ett sätt som annars skulle varit förbehållet USA och Ryssland. Protonacceleratoren i CERN är en av de två största maskinerna, som för ögonblicket är färdiga och i full verksamhet. En obetydligt större maskin (33 GeV) existerar i Brookhaven i USA och, som tidigare nämnts, är en maskin med drygt dubbla energin under byggnad i Ryssland. Både i USA och i Europa diskuteras för ögonblicket allvarligt planer på att bygga ännu större protonacceleratorer med energier av storleksordningen 200 a 300 GeV. Byggandet av mycket speciella anordningar, s.k. «dagringar» för protoner, där två protonstrålar med en energi av vardera 30 GeV får kolidera med varandra, är också under diskussion. En sådan anordning blir inte, som man kanske

skulle vara frestad att tro, ekvivalent med en protonaccelerator med energin 60 GeV utan, på grund av de relativistiska transformationsegenskaperna för energi och impuls, likvärdig med en accelerator med energin 1.800 GeV! Orsaken är, att det är den totala energin i tyngdpunktssystemet, som avgör accelerators vetenskapliga avnändbarhet, och ej den nominella laboratorieenergin. Tyngdpunktsenergin för en proton-proton stöt, när den ena partikeln är i vila och den andra infaller med en energi av ca 30 GeV, blir i runt tal endast 8 GeV. Denna siffra skall alltså jämföras med de 60 GeV, som erhålls som tyngdpunktsenergi, när två protoner med vardera 30 GeV energi kolliderar. Lagringsringar är emellertid inte någon ersättare för mera konventionella acceleratorer på grunn av intensitetsproblem. Uppenbarligen är det antal stötar, som erhålls per tidsenhet, då två protonstrålar kolliderar, flera tiopotenser mindre än antalet stötar per tidsenhet då en protonstråle infaller mot ett stilstående «target». Detta senare innehåller många fler partiklar per volymsenhet än vad protonstrålen gör, och därmed ökas sannolikheten för att en stöt skall ske. Eftersom en av de viktigaste användningarna för en protonaccelerator är produktion av andra, sekundära partiklar, såsom π -mesoner, K-mesoner och antinukleoner genom t. ex. proton-proton stöt, och intensiteten av den så erhållna sekundärstrålen väsentligen avgör elementarparkelkällans kvalitet, inser man att lagringsringen ej kan konkurrera med den konventionella acceleratoren i detta sammanhang. Däremot ger lagringsringen intressanta och principiellt viktiga möjligheter att undersöka egenskaperna av proton-proton stötar vid mycket stora tyngdpunktsenergier, som ej är tekniskt realiseras med någon annan metod.

5. Nordisk elementarparkelfysik?

Tills helt nyligen kunde man med fog argumentera, att den principiellt viktiga elementarparkelfysiken arbetade med så höga energier och därav följande dyrbar experimentell utrustning, att den med utsikt till framgång endast kunde bedrivas inom en gemensam europeisk ram. Utvecklingen tycktes gå mot högre och högre energier, som endast kan realiseras på den ekonomiska basis, som ett gemensamt europeiskt samarbete ger, och den nationella fysikforskningen hade ingen möjlighet att ägna sig åt problem inom detta område. I och med resonansfysiken har denna situation

radikalt ändrats. De försök, det här är fråga om, kan och måste utföras med energier av storleksordningen några GeV och ej med energier av storleksordningen några hundra GeV. En protonaccelerator av idag i stort sett konventionell typ och med en energi av 10 GeV kan producera alla kända elementarparklar med rimelig intensitet och med energier av 4 a 6 GeV. Ett sådant instrument vore idealiskt för resonansfysik. Kostnaden för en sådan maskin med rimelig hjälputrustning och med en rimelig experimentell verksamhet kring densamma kan uppskattas med ganska stor säkerhet på grundval av erfarenheterna från CERN och USA. Resultatet blir, att ett sådant institut för elementarparkelfysik visserligen bleve för dyrt för ett enskilda nordiskt land, men att det utan alltför stora ansträngningar skulle kunna realiseras genom ett samarbete mellan de nordiske länderna Danmark, Finland, Norge, Sverige och — om intresse finnes — också Island.

Sedan våren 1963 har en grupp intresserade nordiska fysiker med representanter från Danmark, Finland, Norge, Sverige och de nordiska fysiker, som är verksamma vid CERN studerat möjligheterna att förverkliga ett sådant institut. Kommitén har utarbetat en rapport, som i januari 1964 överlämnats till Statens Råd för Atomforskning i Sverige, till de acceleratorkommittéer, som existerer i Danmark och Norge och till undervisningsministeriet i Finland. Dessutom har rapporten översänts bl. a. till Nordiska Rådet.* I rapporten föreslås, att ett gemensamt nordiskt institut för forskning och undervisning inom elementarparkelfysiken inrättas. Vid in-stiftet bör byggas en protonaccelerator med en energi av 10 GeV och en intensitet av minst 10^{12} protoner per sekund. Denna intensitet är något större än t. ex. intensiteten vid den tidigare nämnda CERN maskinen. En teknisk detalj värd att nämna är, att acceleratorn föreslås byggd så, att den också kan accelerera deuteroner. Med en speciell teknik (s.k. «stripping») kan man sedan dela deuteronen i dess beståndsdelar, dvs. i en proton och en neutron. Härigenom får man en nästan monoenergetisk neutronstråle (med halva energin) av hög intensitet. Denna blir synnerligen värdefull för försök inom elementarparkelfysiken.

* Kommitténs medlemmar har varit: Danmark: K. Hansen och B. Peters; Finland: L. Simons.; Norge: R. Møllerud, och B. Trumpy; Sverige: G. Ekspong, G. Källén; CERN: G. von Dardel, K. Johnsen, A. Lundby och B. Ronne.

partikelfysiken. För närvarande existerar ingen motsvarighet till en sådan neutronstråle vid någon accelerator i världen.

Kostnaderna för ett sådant institut för elementarparkfysik har av kommittén uppskattats till 30 miljoner schweizerfrancs (MSF) per år, när institutet väl är färdigt. Under en uppbyggnadsperiod av sex år växer års kostnaderna i stort sett linjeart upp till detta belopp. För att man skall få en välbalanserad elementarparkfysik-forskning inom norden önskar kommittén också att verksamheten inom denna gren av fysiken skall kraftigt utvidgas vid existerande universitet och högskolor. Kommittén önskar att en mycket intim kontakt skall råda mellan institutet och de nordiska universitet och högskolorna. Möjligheter skall beredas för studenter att bedriva licentiand- och doktorandstudier vid institutet, liksom för den äldre akademiska personalen att förena sin normala undervisning och övrig akademisk verksamhet med forskningsarbete vid institutet. Kostnaderna för elementarparkfysikverksamheten vid nordiska universitet och högskolor uppskattas av kommittén till 25 MSF per år vid fullt utbyggd verksamhet, varför den totala års kostnaden blir 55 MSF. Denna utgift fördelar mellan de nordiska länderna, som önskar delta, t. ex. i proportion till ländernas nationalinkomst eller nationalprodukt. Om Danmark, Finland, Norge och Sverige ingår i institutet blir utgifterna för respektive länder ca 19 MDkr för Danmark, ca 6.5 MFMk för Finland, ungefär 13 MNkr för Norge och ca 31 MSkr för Sverige, allt räknat per år. Här betyder t. ex. MDkr millioner svenska kronor osv. Ovanstående siffror är baserade på dagens penningvärde, och ingen hänsyn har tagits till en eventuell försämring av detta p. g. a. inflation.

De här angivna kostnaderna kan verka avskräckande. Inget annat forskningsområde med undantag av rymdforskningen har begärt belopp av denna storleksordning. Vi bortser då från t. ex. det svenska atomenergi-programmet, som arbetar med en budget i närheten av 200 MSkr per år, men som befinner sig i en väsentligt annorlunda situation, eftersom man där eftersträver ekonomiska resultat i form av billig elektrisk energi. Ett institut för elementarparkfysik kommer att syssla med ren grundforskning, och någon omedelbar utdelning i form av tekniska tillämpningar väntes inte. Kommittén anser emmellertid att en insats av ovanstående stor-

leksordning inte är orimlig, om den sättes i relation till de nordiska ländernas nationalinkomst och om dess storlek jämföres med anslag till elementarparkfysiken i England, Frankrike, Italien och USA. Dessa länder avsätter ungefär samma del (0.02 a 0.03 %) av sin nationalinkomst till just elementarparkfysik. I de nordiska länderna är anslagen för elementarparkfysik i hemlandet i runt tal 10 gånger lägre än för de nämnda staterna, och en utvidgning av elementarparkfysiken till den av kommittén föreslagna storleksordningen skulle endast innebära att de nordiska länderna i början av 1970-talet, då institutet beräknas vara färdigbyggt, avsätter lika stor del av sin nationalinkomst till elementarparkfysik som England, Frankrike och Italien. På grund av denna forsknings fundamentala betydelse kan detta ej anses orimligt.

Trots att jämförelsen med England, Frankrike, Italien och USA ovan gör att de föreslagna utgifterna ej verkar avskräckande, måste man medge att om man sätter de beräknade kostnaderna för ett nordiskt institut för elementarparkfysik i relation till den nuvarande totala forskningsbudgeten i de nordiska länderna, blir situationen en helt annan. Den uppskattade årsbudgeten för institutet är av sådan storleksordning, att den ej kan realiseras utan att de totala forskningsanslagen i samtliga nordiska länder kraftigt höjes. Grundorsaken till detta är naturligtvis, att de nordiska länderna lägger ned en mycket mindre del av sin nationalinkomst på forskning överhuvudtaget än vad de europeiska stormakterna och USA gör. Man bör här observera att vi hela tiden diskuterar forskningsbudgeten uttryckt i förhållande till nationalinkomsten, ej dess absoluta storlek, som också är mycket större i t. ex. USA på grund av den högre nationalinkomsten.

När det slutligen gäller de nordiska ländernas personella resurser för att bedriva elementarparkfysik i GeV området måste anmärkas, att vi där befinner oss i ett ovanligt gynnsamt läge. Det finns för ögonblicket en grupp nordiska fysiker vid CERN, framför allt norska och svenska sådana, som har erfarenhet såväl av konstruktion av acceleratorer som också av vetenskapligt arbete med sådana maskiner. Flera av dessa fysiker har uttryckt stort intresse för att delta i det nordiska institutet, och initiativer till utarbetandet av de planer, som nu föreligger, har åtminstone delvis kommit från detta håll. Våra länder har

till sitt förfogande en erfarenhet inom elementarparkfysiken, som egentligen är större än vad hela Europa hade, då CERN först planerades.

CONFERENZA INTERNAZIONALE DI SIENA SULLE PARTICELLE ELEMENTARI

I tiden 30. september til 5. oktober 1963 var 500–600 høyenergi-fysikere fra hele verden samlet til konferanse i Siena, Italia.

AHA-spalten*

Problem :

En av de mer velkjente effekter som den generelle relativitetsteori har forutsagt, er avbøyningen av en lys-stråle i et gravitasjonsfelt. (Avbøyningen utgjør ca. 1.7 busekunder for en lys-stråle som tangerer Solens overflate).

Kan man tenke seg det tilfelle at en stjerne virker som «gravitasjons-linse» for et objekt – eksempelvis en annen stjerne? Hvilke observerbare effekter vil kunne inn treffen?

Ad problem i nr. 4, 1963 – løsning i nr. 1, 1964.

Den angitte løsning er utilfredsstillende, da den tillater negative øketider. Lektor A. Lødemel, Trondheim, har foreslått følgende løsning:

K er en konstant. Ω_K er det delområdet av Ω hvor $P > K$. Da er

$$\varphi = \begin{cases} \ln \frac{P}{K} \text{ i } \Omega_K \\ 0 \text{ når } P \leq K \end{cases}$$

K er entydig bestemt av:

$$\int_{\Omega_K} \ln \frac{P}{K} d\omega = T$$

Det siste følger av at $\ln \frac{P}{K}$ avtar monoton når K vokser og $\Omega_K \subset \Omega_K$ når $K' > K$.

Løsning av problem i nr. 1, 1964:

Materiens halveringstid blir etter hypotesen av orden 10^9 år. Sivilingeniør E. Schreiner, Oslo, har antydet at en eventuell omsetning av materien til energi med denne hastigheten, må føre til en rask opphetning av vår klode.

* Vis at: $\delta \int A^* HA ds = 0$, hvor integrasjonen går over hele spalten.

Det var på forhånd reist tvil om hvorvidt Siena – en middelalderby som fullstendig har beholdt sin gotiske stil og atmosfære – kunne være et passende sted for å drøfte moderne fysikk, – et fag hvis mål alltid er i framtiden og hvis midler sjeldent har mer enn forbigående verdi og ofte respektløst forkaster sine forgjengere.

Men Siena ga oss noe utover det vi ventet, noe som kom meget vel til uttrykk i Professor V. F. Weisskopf's tale ved konferansens avslutning:

«The confrontation of twentieth-century physics with fourteenth-century art in the frame of the city of Siena has shown to us that there is sense, and also beauty, in that great human adventure in which we are all taking part.»

Det som vakte størst interesse ved konferansen var de siste resultatene fra nøytrino-eksperimentet, det største eksperimentet som hittil er blitt utført i CERN. Resultatene som ble fremlagt stemte overens med det som ble funnet i Brookhaven, USA, ved et lignende eksperiment utført i 1962, nemlig at det finnes to slags nøytrinoer, ett assosiert med elektronet og ett assosiert med my-mesonet. (Se F. F. V. 24. årg. side 49 og 25. årg. side 39). Denne gang var eksperimentet utført med både gnistkammer (18 tonn aluminium og messing) og et Freon-boblekammer (1 tonn CF_3Br) i nøytrino-strålen med henholdsvis 2500 og 136 nøytrino-reaksjoner fotografert. Mindre enn 3 % av begivenhetene viste produksjon av elektroner. Man hadde håpet at eksperimentet skulle vise om «the intermediate boson», W , eksisterer. I boblekammeret fant man en begivenhet som kunne tydes som en W -reaksjon. I gnistkammeret var det 32 begivenheter av denne type, og etter en lang diskusjon ble man enig om at resultatene ga «reasonable evidence» for en W^+ -partikkel med en masse på $1,3 - 1,5$ GeV.

Av andre ting som kom fram ved konferansen kan nevnes at nye medlemmer av partikkel- og resonans-familiene var oppdaget, samtidig som kvantetallene for «eldre» partikler var blitt målt.



Tabell I.

Kjente eksitere tilstander av nukleonet.

Masse Me V	Isospin	Spin	Paritet	
2360	3/2	11/2?	?	Ny
2190	1/2	9/2?	?	Ny
1920	3/2	7/2?	?	
1688	1/2	5/2	—	
1512	1/2	3/2	—	
1238	3/2	3/2	—	
938	1/2	1/2	—	

Tabell I viser nukleonets eksitere tilstander, nå med masser helt opp til 2360 MeV. To eksperimenter tydet også på eksistensen av en resonans på ca. 1400 MeV, men resultatene var ikke tilstrekkelige til å vise dette med sikkerhet.

Meson-familien var blitt forøket med tre nye resonanser, som det framgår av tabell II, mens av resonanser med «strangeness» var det bare en ny, Y^* , med masse 1660 MeV, som ble ansett som veletablert.

Tabell II.

Kjente mesoner, uten strangeness.

Navn	Masse, Me V	Iso- spin	Spin	Paritet	G-Paritet
B		1	—	+	Ny
f		0	2	+	Ny
φ	$1020,5 \pm 0,5$	0	1	—	Ny
ω	784 ± 1	0	1	—	—
ρ	750 ± 10	1	1	—	+
η	548 ± 1	0	0	—	—
π	139,6 135,0	1	0	—	—

Blant de teoretiske innlegg var det ingen spesielt store framskritt å se. Forskjellige matematiske formalismer nyttet til å forklare partikkel-familiene, f. eks. SU₃-gruppene, Eightfold-way, Reggeisme, men ingen av disse synes å gi noen definitiv og fullkommen beskrivelse. Reggeismen var ute i særlig hardt vær fordi dens spådommer ikke tilsvarte eksperimentelle resultater innenfor proton-proton og pi-meson-proton elastisk spredning. Men den har fremdeles sine tilhengere.

I sitt avsluttende foredrag kom professor M. Gell-Mann med følgende historie for å vise de vanskeligheter høyenergifyysikerne er oppe i idag med krevende og langvarige eksperimenter. En eksperimentalist diskuterer en dag med en ivrig teoretiker som overbeviser han om at han skulle forsøke å måle størrelsen «ukjent». Dette ville være av avgjørende betydning for den teoretiske utvikling. Etter to års iherdig arbeid kommer eksperimentalisten seiersbevisst tilbake til teoretikeren og sier: «Jeg har målt «ukjent». Verdien er $1,2 \pm 0,1$. Teoretikeren: «Hva? Hvilken «ukjent» snakker du om? Å, nå husker jeg, men det er jo allerede halvannet år siden vi fant ut at den teorien var gal.»

På et av de siste møter forklarte professor E. Amaldi om de planer man arbeider med for utbygging av nye akseleratorer innenfor Europa. Planene går ut på å bygge en 300 GeV akselerator samt lagringsringer for den nærværende 28 GeV akselerator ved CERN. Ved siden av disse prosjekt ble det påpekt at man måtte forsøke å bygge regionale akseleratorer av lavere energi både med tanke på den grundigere undersøkelse av veksel-

virkninger ved disse energier, samt for å utdanne forskere til arbeid ved de større akseleratorer.

Men – fysikere lever ikke av fysikk alene, og det var nettopp dette «ekstra» Siena hadde å by oss som gjorde at konferansen ble så minneverdig. Møtene ble holdt i byens rådhus, Palazzo Publico, en bygning fra det 12te århundre som med sitt smukke tårn fullstendig dominerer byens sentrum.

I råhusets «Sala del Mappamondo», en praktfull sal med billedvev og freskomalerier, var vi en kveld innbudt til å høre byens kammerorkester spille Vivaldi. En enestående opplevelse!

En opplevelse var det også å komme til «Enoteca Italica Permanente», Italias vinkjeller. Her, i en ving av byens gamle borg, finnes alle Italias vin-sorter utstilt. Konferansens deltakere var innbudt til å smake

på de sorter de ville. Det så ut som om samtlige hadde tatt imot innbydelsen!

Som avslutning på konferansen beæret byen oss med et opp tog på råhusplassen, «Il Campo». De opptrædende var kledd i fargerike middelalder-drakter, noen kom til hest med brynjer og spyd, andre kom til føts bærende store Siena-flagg. Fra alle smug og trange gater som fører inn til «Il Campo» kom grupper settende, syngende, springene og underholdt med forskjellige opptrinn. Da de ved solnedgang trakk seg tilbake var vi i den rette stemning for avskjedsmiddagen i «Palazzo Publico's» borggård.

Vi som var i Siena er takknemmelige for at konferansens komite, med professor G. Bernadini som formann, valgte historiske Siena som ramme for våre drøftinger.

Endre Lillethun.

Fysikalisk-kjemiske prosesser i vann bestrålt med ioniserende stråling

Del 2

Thormod Henriksen

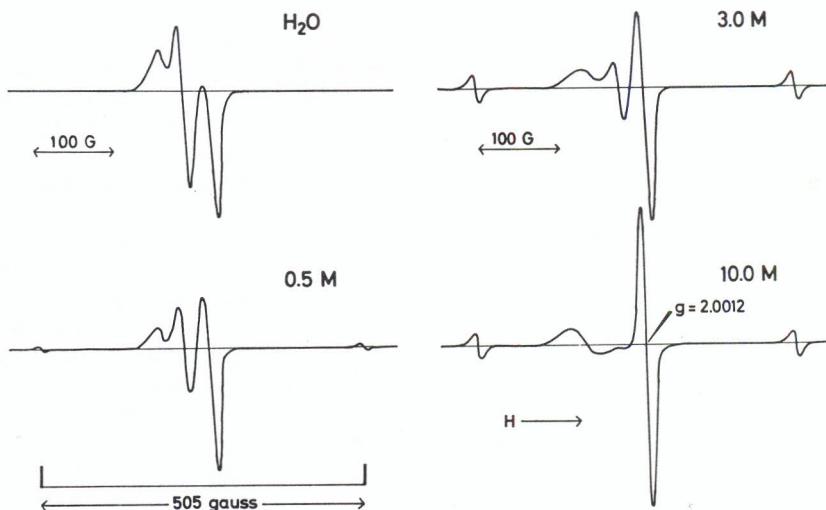
Hvis vi forlater det rene vann og benytter alkaliske løsninger så vil vannresonansen gradvis forandres som vist i Fig. 6. Lutlosningene viser absorpsjonsspektra som tydelig kan deles i en dublett med 505 gauss splitting og en sentralresonans som har sitt utgangspunkt i vannresonansen. OH dubletten forsvinner og

på dens plass kommer det frem en skarp absorpsjonslinje med en *g*-verdi noe lavere enn for et fritt elektron. Ved vesentlig lavere feltverdier observeres en bred resonanslinje som øker med NaOH konsentrasjonen. For en 10 M NaOH løsning har vi således fått et fullstendig nytt spektrum hvor sentralresonansen nærmest består av en bred lavfeltlinje og en skarp høyfeltlinje.

For å kunne tolke disse ESR spektrene har vi på nytt benyttet tungvannsløsninger. I Fig. 7 er vist sentralresonansen for henholdsvis D_2O og H_2O lut. Det kan sees av denne figur at resonansspektret er nesten uavhengig av om en benytter H_2O eller D_2O . Både den

Fig. 6. De kvalitative ESR spektra til H_2O og NaOH løsninger med forskjellig konsentrasjon. Alle prøver er bestrålt (220 kV røntgenstråler) og målt ved 77 K°.

Dose $5 \cdot 10^5$ R. *g*-verdien bestemmes ved en samtidig måling av mikrobølgefrekvens og magnetfelt. Sweep hastighet 126 gauss/min.



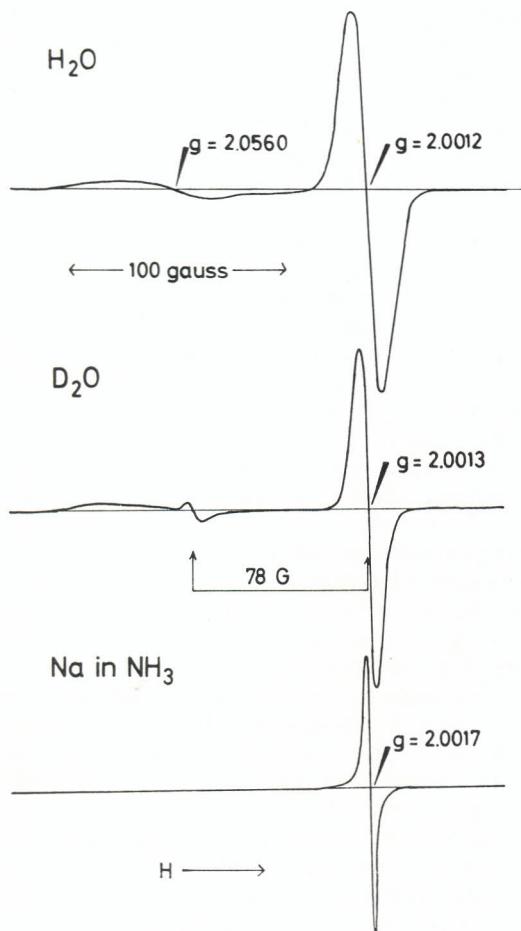


Fig. 7. De kvalitative ESR spektra (kun sentralresonansen) til en 10 molar NaOH løsning i henholdsvis H_2O og D_2O . Prøvene er bestrålt og målt ved 77 °K. Den svake linjen som er placert ved en magnetfeltverdi ca. 78 gauss mindre enn den smale høyfelt-linjen er en av de 3 linjene til stråleinduserte $\bar{\text{D}}$ -atomer.

Nederst er vist den resonanslinje som observeres når natrium løses i NH_3 . Alkalimetallet ble løst ved 195 °K og spektret ble registrert ved 77 °K. Sweep hastighet 47 gauss/min.

smale, skarpe høyfeltlinjen og den brede lavfeltlinjen er uforandret. Dette betyr at de radikaler som gir denne resonans ikke har finstruktur som skyldes vekselvirkning mellom det uparede elektron og protoner eller døytroner.

Det har lenge vært kjent at når en løser alkalinmetaller som Na og K i flytende NH_3 får man en blåfarget løsning. Både blåfargen og absorpsjonsspekret som er uavhengig av kation skyldes «solvated electrons» i amoniakk, dvs. elektroner som er stabilisert ved en rekke amoniakk molekyler. I Fig. 7 er vist det ESR

spektrum som en slik løsning gir. Resonansspektret består av en skarp linje placert ved omtrent den samme g -verdi som den skarpe høyfeltlinjen i lutløsningene.

Vi har også gjort eksperimenter med lutløsninger hvor Na er byttet ut med K, og det viser seg at resonansspektret er uavhengig av kation. Når lutløsninger bestråles ved 77 °K, blir de farget dypt blå. Disse observasjoner gjør det overveiende sannsynlig at den skarpe høyfeltlinjen er resonanslinjen til stråleinduserte «solvated electrons». Vi har dermed direkte kunnet påvise det primære produktet som forutsettes dannet etter Lea-Grey-Platzman teorien.

Den brede lavfeltlinjen som også er uavhengig av kation og tilstedevarerende protoner kan være $\text{O}^{-\text{aq}}$ radikalionet dvs. den basiske form av hydroxylradikalet. Denne interpetasjonen støttes av det faktum at resonansen kommer frem i sterkt basiske løsninger samtidig med at hydroksyldoubletten forsvinner. Noe endelig bevis for denne interpetasjonen har vi dog foreløpig ikke.

I de resonansspektra som er vist for lutløsninger (Fig. 6) er det også en dublett med

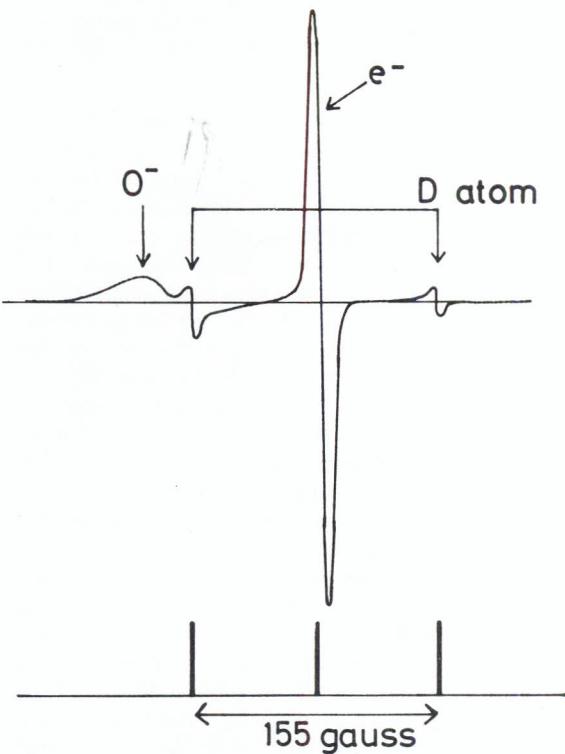


Fig. 8. Det kvalitative ESR spektrum til en 10 M NaOH løsning i D_2O . Prøven er bestrålt og målt ved 77 °K. Sweep hastighet 126 gauss/min.

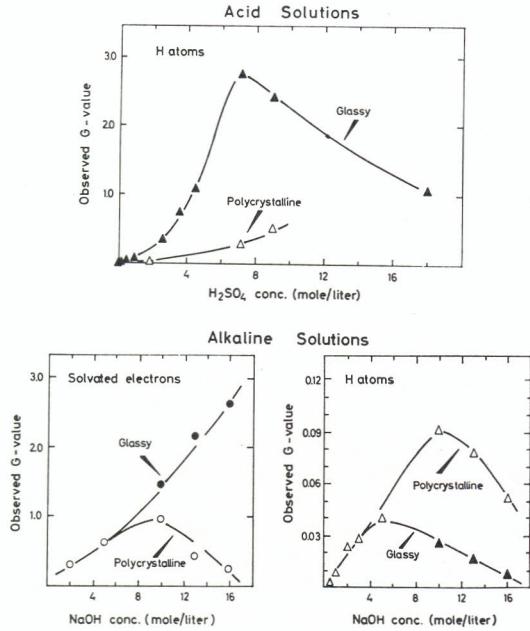


Fig. 9. Antall observerte H atomer og «solvated electrons», gitt som G-verdier, (antall radikaler pr. 100 eV absorbert strålingsenergi) i henholdsvis H_2SO_4 og NaOH løsninger bestrikt og målt ved 77 °K. Ved å fryse løsningene hurtig ved 77 °K fåes glassaktige prøver. Når disse ble holdt ved $\frac{1}{2}$ 60 °C i ca 15 timer fikk vi krystallinske prøver.

avstand mellom linjene på 505 gauss. Det er rimelig å anta at denne skyldes stråleinduserte H atomer. Denne antagelse støttes av de resultater en får for D_2O løsninger (Fig. 8). Vi får her en triplett (sentrallinen er skjult av den sterke resonanslinjen til «solvated electrons») hvor avstanden mellom ytterlinjene er 155 gauss. Dette gir et hyperfin-struktur splittingsforhold på 6,51 som er det samme som det teoretisk beregnede for frie H og D atomer (ligning 14). Vi kan altså slå fast at disse radikaler dannes og stabiliseres i alkaliske løsninger ved 77 °K. Dette var en noe overraskende observasjon som viser at både «solvated electrons» og frie H atomer dannes samtidig.

Når en fryser konsentrerte (større enn 5 M) alkaliske eller sure løsninger så kan en, alt etter måten de frysene på, få klare glassaktige prøver eller hvite krystallinske prøver. Det viser seg at det antall radikaler som stabiliseres i en frossen løsning er avhengig av den fysiske tilstand prøven er i. Dette er vist i Fig 9. som vi ser er «solvated electrons» mest stabile i glassaktige alkaliske løsninger hvor de dannes med en G-verdi (antall radikaler

dannet pr. 100 eV absorbert strålingsenergi) på opp til 2,6. H atomer dannes både i sure og alkaliske løsninger. Det fremgår av Fig. 9 at H atomer spiller den samme rolle i glassaktige sure løsninger som «solvated electrons» i glassaktige alkaliske løsninger. I denne sammenheng er det også av interesse å merke at den maksimalt observerte G-verdi også er den samme. På den annen side er antall H atomer sterkt redusert i sure krystallinske løsninger og tilsvarer nå omtrent det en finner i krystallinske alkaliske løsninger. Disse resultater tyder derfor på at H atomer dannes på 2 forskjellige måter. La oss derfor tilslutt se disse resultater i lys av de to teorier som vi har nevnt ovenfor.

Det er rimelig å anta at «solvated electrons» er dannet etter Lea-Gray-Platzman's teori, dvs. de elektronene som slås løs ved ioniseringsprosessen stabiliseres i det dielektriske løsningsmiddel etter at de er blitt termiske. I sure løsninger fanges elektronene opp av H^+ ioner og det dannes H atomer. Dette vil forklare den observasjon at antall H atomer i sure løsninger er omtrent det samme som antall «solvated electrons» i alkaliske løsninger.

Den ovenfor nevnte mekanisme for dannelse av H atomer kan ikke gjelde for alkaliske løsninger hvor H^+ ioner ikke er til stede. Det er derfor rimelig å anta at disse H atomer er dannet ved en direkte dissosiasjon av eksisterende vannmolekyler, dvs. etter Samuel og Magee's teori. Dette betyr at både Lea-Gray-Platzman's og Samuel-Magee's mekanisme for dannelse av radikaler i vandige løsninger er virksomme. Det er mulig at forholdet mellom antall «solvated electrons» og H atomer i alkaliske løsninger gir et uttrykk for den relative betydning av de to teorier. Forholdet mellom det maksimalt observerte antall «solvated electrons» og H atomer uansett koncentrasjon eller fysiske tilstand er omtrent 25:1. Disse forsøk tyder derfor på at Lea-Gray-Platzman's mekanisme er den viktigste for frosne alkaliske løsninger.

Anvendelsen av ESR spektroskopi i studier av de basale mekanismene for virkningen av ioniserende stråling synes å ha skapt nye muligheter for vår forståelse av hvordan vannradikalene danner. Selv om vi i dag ikke endelig kan fastslå om Samuel-Magee's eller Lea-Gray-Platzman's teori er den mest korrekte så har disse forsøk fått opinionspendelen til å svinge sterkt over mot Platzman's teori. Hvor langt den skal svinge, vil fremtidige forsøk forhåpentlig fortelle oss om.

Et norsk laboratorium for kjerneforskning

Ole Lønsjø

Kjernefysikken, spesielt kjernestrukturforskningen, er en av de disipliner som har vært sterkt representert i Norge, ved universitetene i Oslo og Bergen og ved den Tekniske Høgskole i Trondheim. Også Institutt for Atomenergi har ved siden av den egentlige reaktorfysikk, hele tiden drevet studier i atomkjernestruktur. Videre har vi i vårt land aktive forskningsgrupper i beslektede områder, som kjernekemi og stålings biofysikk. Aktiviteten på hele dette brede forskningsfelt har vært i jevn vekst i de senere år. Dette er helt i tråd med utviklingen ellers i verden. Alle disse felter er i sterkt vekst for tiden, og er omfattet med stor interesse i alle land. Denne interesse grunner seg både på utsikten til landevinnninger av praktisk betydning, og især den økede innsikt i forståelsen av fundamentale problemer som man håper å oppnå.

For å ta bare et enkelt av feltene, kjernestrukturforskningen, har denne i de siste ti år gjennomgått en rivende utvikling som ikke på noen måte ser ut til å nærmere seg sin avslutning. På den ene side er en teoretisk forståelse av kjernenes struktur omsider i ferd med å ta form. Et grunnlag ble lagt med den suksess skallmodellen og kollektivmodellen oppnådde på hver sine felter. Å finne frem til en dypere forståelse av prosessene enn den utpreget fenomenologiske beskrivelse som gis av disse og liknende modeller, er et meget omfattende og betydningsfullt arbeid. Utviklingen innen den eksperimentelle kjernefysikk har vært minst like revolusjonerende. Nye detektorer, som scintillasjons-tellere og halv-leder-tellere har gjort det mulig å utføre mange av målingene enklere, raskere og frem for alt mer nøyaktig enn tidligere. Nye og bekjemme detektorer har muliggjort mere utspekulerte og kompliserte eksperimenter for å studere prosessene i større detalj. Vi kan tenke på alle former for koinsidensmålinger, vinkelkorrelasjoner og polarisasjonsbestemmelser. Dette at eksperimentene går stadig mer i dybden, og at teo-

retikerne stadig stiller nye spørsmål, gjør at feltet på ingen måte er i ferd med å bli uttømt. Tvert imot dukker det stadig opp nye problemer som venter på å løses.

Når universitetene har gitt såpass bredt rom til kjernestrukturforskningen, er det fordi den er så særdeles velegnet for den vitenskapelige opplæring av unge forskere. Begrepene som anvendes er sentrale i moderne fysikk, og spenner over et meget vidt felt, fra faste stoffers fysikk på den ene siden til elementærpartikkelfysikk på den andre side. Den eksperimentelle teknikk er også meget allsidig, og spenner over høyspenningsteknikk, høyvakuumteknikk, elektronikk og faste stoffers fysikk.

Et laboratorium for kjernestrukturforskning er derfor, sett fra et universitetsstandpunkt, et ideelt laboratorium, idet det foruten å være et laboratorium som vitenskapelig sett representerer aktuell og moderne forskning, også gir ideelle muligheter for en allsidig opplæring av studenter, både teoretisk og eksperimentelt. Dette er et forhold vi kjenner meget godt fra vår egen hjemlige virksomhet, og den er alminnelig anerkjent overalt. I USA har regjeringen ganske nylig øket sin støtte til denne gren av fysikken meget sterkt, og har bevilget midler til opprettelse av en serie nye laboratorier, fordi en anser det for så viktig å være på høyden i dette felt. I denne forbindelse kan det også nevnes at over en fjerdepart av de amerikanske doktorgradsavhandlinger i fysikk i de siste 10 år har vært arbeider innen kjernestrukturforskning. Mange felter innen fysikken har rekruttert adskillige av sine forskere nettopp fra kjernestrukturgruppene.

En gruppe kjernefysikere ved Universitetet i Oslo har en tid forsøkt å gjøre seg opp en mening om arbeidsmulighetene her hjemme i årene fremover. Denne gruppe har som sitt viktigste instrument den gamle van de Graaff maskinen, som nå er utviklet til en meget stabil og driftsikker maskin. Den gir god strøm og en spesielt god energioppløsning. For å kunne

Ole Lønsjø er dosent i fysikk ved Universitetet i Oslo,

studere atomkjernenes struktur i detalj, er det nødvendig å kunne angripe problemene på mange forskjellige måter, og helst ta i bruk alle de reaksjoner som gir opplysning om et bestemt problem. Gruppen har derfor lagt vekt på å ta opp såvidt mulig alle de metoder som er av verdi innen kjernestrukturforskningen. Forskerne har derfor hendene fulle med viktige arbeidsoppgaver for en del del år framover. Den relativt lave maksimalenergi på den nåværende akselerator, det vil neppe være mulig å kjøre den opp over 3 MeV energi, begrenser imidlertid de mulige arbeidsoppgaver meget sterkt, og etterhvert som tiden går vil denne innskrenkning i det mulige valg av forskningsoppgaver bli mer og mer hemmende og måtte føre til at virksomheten stagnerer. For å opprettholde en god arbeidsånd og innsatsvilje i en forskningsgruppe er det nødvendig med en stadig fremgang, slik at man kan trenge dypere inn i problemene og angripe dem fra stadig nye sider. Fremfor alt må de unge forskere møte oppgaver som er en utfordring til deres evner og innsatsvilje. Og de må få en følelse av å arbeide med vesentlige problemer. Det er derfor allerede nå presserende nødvendig å planlegge neste skritt i utviklingen av laboratoriet om virksomheten skal kunne holdes oppe i fremtiden.

Det er neppe tvil om at det generelt mest anvendbare instrument for kjerneforskning er en akselerator for ladede partikler. Problemet blir å velge den som er mest hensiktsmessig for arbeidet her i Norge. Et seminar ved Fysisk institutt i Oslo har systematisk gjennomgått de typer akseleratorer som kan komme på tale. Det var enighet om at man ønsket en akselerator som var kommersielt tilgjengelig, idet det var langt større interesse for å bruke akseleratorene enn for selve arbeidet med å konstuere den. Når man skal anskaffe en stor og relativt kostbar akselerator som det her er tale om, er det rimelig å forlange at den skal gi muligheter for et bredt spektrum av eksperimenter. Dessuten bør den velges slik at den så langt det er mulig å spå om fremtiden, kan antas å være anvendbar i en rekke år fremover. De store og vesentlige fremskrift i fysikken kan vi naturligvis ikke planlegge, de er avhengige av den enkelte forskers innsats og initiativ. Men ved oppbygning av eksperimentelt utstyr og faglig kompetanse kan vi legge forholdene til rette slik at gode ideer kan settes ut i livet.

Interessen samlet seg særlig om to typer akseleratorer som begge har gjennomgått en rivende utvikling i de senere år. Den ene av disse

akseleratorer er lineær-akseleratoren for elektroner. Slike kan nå bygges så de gir stråler av elektroner og gammastråling med intensitet på flere kilowatt. Den andre typen er Tandem van de Graaff generatoren. Fortrinn og ulemper ved disse maskiner ble nøyde studert ved besøk i en rekke utenlandske laboratorier og ved diskusjoner med spesialister på området. Konklusjonen på drøftelsene ble at Tandem akseleratoren ble funnet å være den best egnede.

Tandem generatoren er en videreføring av den velkjente Van de Graaff maskinen. Den adskiller seg fra denne ved at ionekilden er plassert utenfor trykktanken ved den ene enden. Ionekilden leverer negative ioner og hvis vi i første omgang tenker på protoner, så vil de negative ionene være hydrogenatomer med et ekstra elektron. Disse ionene blir akselerert gjennom et akselerasjonsrør fra jordpotensial til den positive høyspenningselektrode, som er plassert midt i tanken. For de nye Tandem generatorene kan denne lades opp til en spenning på ti millioner volt, og de negative ionene ankommer derfor dit med en kinetisk energi på ti millioner elektronvolt. Her blir ionene berøvet sine elektroner ved å passere gjennom en gass-selle, og som positive protoner blir de så på ny akselerert fra høyspenningselektroden videre gjennom forlengelsen av det samme akselerasjonsrør mot jordpotensial og derved får de et tillegg i energi på 10 MeV til, og kommer altså ut av maskinen med en total energi på 20 MeV. Ionekilden kan også levere ioner av tyngre elementer, og disse kan ved strippingen i høyspenningselektroden berøves mange elektroner og oppnår derved en enda større energi. F. eks. kan vi få oksygenioner med en energi på sytti millioner elektronvolt. På samme måte som sin forgjenger, den konvensjonelle van de Graaff maskinen, har Tandem-generatorene en rekke viktige fordeler, så som vel definert energi, stort strømbytte og en kontinuerlig stråle. I tillegg til dette har den en langt større energi enn en vanlig Van de Graaff generator, og den kan gi stråler av en rekke forskjellige elementer. Dessuten er det en stor praktisk og eksperimentalteknisk fordel at ionekilden er plassert utenfor trykktanken. Den er lett å komme til for vedlikehold og forandringer, og dette medfører at Tandem-generatoren er enda mer driftsikker og enkel å behandle enn den ordinære Van de Graaff maskinen. Et avgjørende moment ved valg av akselerator var det at Tandem-akseleratorene

viser seg å være særlig enkle i drift, meget holdbare og driftsikre og derfor også økonomiske i bruk.

Det er ganske klart at en slik maskin er usedvanlig velegnet til å studere et meget bredt spektrum av kjernefysiske eksperimenter. For første gang har man nå stråler av ladede partikler hvis energi er kontinuerlig variabel og vel definert opp til de maksimalenergier som er nevnt ovenfor og som avhenger av ionesorten. Det har vist seg at hvis man vil studere den fundamentale vekselvirking mellom nukleoner, kreves det detaljerte og presise undersøkelser som nettopp ligger særlig vel til rette for disse likestrømsgeneratorer eller elektrostatiske generatorer. Dette følt vil nå kunne studeres over langt større energiområder enn det hittil har vært mulig. Det har hittil vært drevet detaljerte studier i kjernekspetroskopi med lette kjerner. Nå er prosjektilenes energi så høy at disse detaljerte studier kan utføres over hele det periodiske system. Videre vil man kunne få mange flere opplysninger, idet man nå kan bruke prosjektiler med forskjellig masse. En detaljert kartlegging av energinivåene og deres egenskaper vil det nå være mulig å utføre over hele det periodiske system. Det er tydelig at det er nettopp en slik systematisk innsamling av data som er nødvendig for å danne grunnlaget for en holdbar teori for atomkjernenes oppbygging.

Her har særlig vært påpekt betydningen av akseleratoren for kjernestruktur-forskingen. I tillegg til dette vil en slik akselerator også være til meget stor nytte for arbeidet i kjernekjemi og i biofysikk, særlig strålings-biofysikk.

Tanken på Tandem akseleratoren ble tatt opp av kjernefysikerne ved Fysisk institutt på Blindern. En komite bestående av J. M. Hansteen, S. Messelt og O. Lønsjø har skrevet et utførlig forslag om opprettelse av et laboratorium, med Tandem akseleratoren som det sentrale apparat med tilhørende eksperimentelt utstyr for analyse av reaksjonsproduktene og en laboratoriebygning som er spesielt bygget for formålet. Hele laboratoriet er beregnet å komme på 35 millioner kroner. Laboratoriebygningen på ca. 300 m² gulvflate er antatt å koste ca. 5,4 millioner kroner. Det eksperimentelle utstyr er anslått til 4,3 millioner, mens resten faller på selve akselatoren. De årlige driftsomkostninger antas å ligge på ca. 2 millioner kroner.

Det foreslalte laboratorium er tenkt knyttet til Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo.

Men det vil by på så store arbeidsmuligheter og gi så mange eksperimentelle resultater at det ikke kan utnyttes fullt ut av en enkelt gruppe. Som nevnt vil det være vel egnet for forskning såvel i kjernestruktur som i kjernekjemi og strålings-biofysikk. Det er meningen at forskere ved institusjoner også utenfor Oslo, f. eks. i Bergen og Trondheim, kan utføre eksperimenter ved akseleratoren mens de så kan analysere eksperimentene ved sin egen institusjon og også i stor utstrekning forberede eksperimentene og bygge apparatur i sitt eget laboratorium.

Professor Tangen på vegne av Fysisk institutt og professor Pappas på vegne av Kjernekjemisk avdeling ved Kjemisk institutt har fremmet forslaget overfor Universitetet, og Universitetet i Oslo har foreslått laboratoriet opprettet på sitt forslag til statsbudsjett for 1965 og det er nå opp til våre myndigheter hvorvidt de finner å kunne bevilge det nødvendige beløp for at laboratoriet skal kunne realiseres. Det dreier seg om store summer i forhold til hva vi er vant til å bruke her i Norge, men man må se i øynene at det koster så meget å delta i moderne kjernefysisk forskning, og forskerne på disse felter er overbevist om at det skal vise seg å være vel anvendte penger.

Bøker

G. Dearnaley og D. C. Northrop: *Semiconductor Counters for Nuclear Radiations*. Spon Ltd., London 1963, 331 s. Pris 55 sh.

En av de mest interessante sider ved kjernefysikken er dens bruk av de øvrige tekniske og fysiske arbeidsfelter som hjelpedisipliner. Et av de siste bidrag til den kjernefysiske teknologi har vi fått fra de faste stoffers fysikk, nemlig halvledertellere til måling av ladete partikler. Nå er selve observasjonen av ladete partikler en av de klassiske metoder i kjernefysikken, mens målingen av ladete partiklers energi byr på atskillige vanskeligheter. Den direkte observasjon i tellere eller ionisasjonskammere bygger på en måling av den ionisasjonsenergi en partikkel etterlater seg i telleren. En måler enten ladningen av dannete ionepar eller lyset fra scintillasjoner fremkalt av ionisasjonen. Målingsprosessene er vanligvis befeftet med store statiske usikkerheter og derfor blir halverdibredden (ofte benevnt oppløsningen) for monoenergetiske partikkelgrupper stor, i beste tilfelle på flere prosent. Ved å bruke magnetiske spektrometre har man kunnet oppnå oppløsninger under en promille, men slike magneter er store og kostbare, og deres effektiviteter svært liten. Observering av et større energiområde med et mag-

netisk spektrometer er et møyssommelig og tidskrevende arbeid. Det vakte derfor stor oppmerksomhet da for få år siden amerikanske forskere introduserte halvledertellere med samme egenskaper som andre tellere og ionisasjonskammer, men med opplosninger ned til noen få promille.

I disse tellere foregår ionisasjonen fra en ladet partikkkel i deplesjonslaget i en halvleder. For tiden brukes mest «doped» silisium, og da den nødvendige energi som skal til for å danne et ionepar i dette materiale er meget mindre enn tidligere anvendte tellere samtidig som oppsamlingen av ladningen er meget effektiv blir den statistiske usikkerhet (og dermed opplosningen) liten. Deplesjonslaget dannes enten ved diffusjon inn i overflaten som ved sjikt transistorer (sjikt tellere) eller ved dannelse av en overflatebarriere ved oksydasjon (overflatebarriere tellere). Tellerne har ved siden av opplosningen meget gunstige egenskaper, de er som alle halvlederkomponenter små og stabile, de kan lages i nærsagt hvilken form man ønsker, ringform f. eks. eller i lange rekker av små tellere og dermed gi posisjonsinformasjon, og de kan om nødvendig fremstilles i et noenlunde velutstyrt laboratorium. En kan trygt si at disse tellere, siden de har kommet samtidig med vesentlige nyskapninger på akselerator-teknikkens område (tandem-maskinen, høystroms cyklotroner) har vært med å skape den sterkt økede interessen for kjernestrukturforskningen vi har opplevd de siste årene.

Den foreliggende bok er den første som er blitt trykt om dette emnet. Den er meget velkommen, siden den ganske omfattende litteratur om halvledertellere har vært spredt over et stort antall tidsskrifter og upubliserte rapporter. Forfatterne er blant pionerene i anvendelsen av tellere i England. Dr. Dearnaley er særlig kjent som kjernefysikkens Harwell's ekspert på området. Boken er derfor preget av forfatterens innstående kjennskap til tellernes virkemåte og fremstilling. Den er naturligvis skrevet først og fremst for kjernefysikere, men vil sikkert også være av interesse for dem som arbeider med halvlederproblemer i de faste stoffers fysikk.

Boken begynner med et par kapitler av mere generell art, om radioaktiv stråling og målemetodene for den, så omtales halvledertellernes fysiske virkemåte og egenskaper, de vesentlige stofytaklene og de forskjellige typer av tellere. Deretter følger fremstilling, utprøving og valg av tellere, elektronisk instrumentasjon og et fyldig kapitel om anvendelsesområder. Til slutt behandles ødeleggelsen av tellere ved store strålingsdoser. Hvert kapitel er utstyrt med referenser og dessuten finner en til sin glede en omfattende og velordnet bibliografi.

Boken kan trygt anbefales som en meget fullstendig og ikke særlig vanskelig omtale av et vesentlig felt innen den kjernefysiske spektroskopii. Den vil være til stor nytte for de forskere som akter å bruke slike tellere, men vil neppe i seg selv være tilstrekkelig for dem som ønsker å lage tellere selv. Naturlig nok behandles forfatternes egen fremstillingsmetode nokså detaljert, men for å få nødvendig kjennskap til andre metoder og alle detaljer er man fremdeles henvist til tidskrifter og rapporter. Det svakeste kapitel er om instrumentasjon. Her er de grunnleggende ideer meget vel beskrevet, men da den aller beste opplosning kun kan oppnås med den aller beste elektronikk ville flere praktiske detaljer og skjemaer ikke vært av veien.

Selv om boken henvender seg særlig til dem som er spesielt interessert i emnet, er den ikke vanskeligere

skrevet enn den også kan brukes som innføring. De mange detaljer gjør den ikke så svært godt egnet for mere elementære formål. Boken må ansees nødvendig for ethvert kjernefysisk bibliotek.

Rolf Nordhagen

P. E. Nemirovskii: *Nuclear Models*. E. and F. N. Spon Limited, London, 1963. 372 s. Pris 70 sh.

Det er utgitt forbausende få bøker viet kjernemodellene så oversettelsen av Nemirovskii's bok imøtekommer absolutt et behov.

Boken gir en meget omfattende behandling av de nyere kjernemodellene: De forskjellige typene av skallmodellen, den kollektive modellen og den optiske modellen. Framstillingen er kort, men klar, og resultatene blir hele tiden grundig diskutert og sammenlignet med de eksperimentelle data. En referanselist på 390 nummer til de mest sentrale originalarbeidene er ikke det minst verdifulle.

På tross av den konsentrerte formen er boken ikke tung å lese, og alle med litt kjennskap til og interesse for kjernefysikk vil kunne ha utbytte av den.

Typografisk er teksten meget ujevn og uregelmessig, tildels så uregelmessig at det virker sjenerende ved lesningen. Dessuten er det mange trykkfeil, hvorav noen også i formlene.

F. Bakke.

Stokes, A. R.: *The Theory of Optical Properties of Inhomogeneous Materials* (86 sider, pris 35 shillings.) E. & F. N. Spon Limited, London 1963.

De opplysninger man får ved undersøkelser med optiske metoder, er som regel sparsomme sammenlignet med det veld av data man kan få ved bruk av elektronmikroskop eller røntgendiffraksjon. Men elektronmikrografi bevirker uttørring av prøvene, og både elektrone- og røntgenstråler kan være dødelige for levende organismer. For biofysikeren kan det derfor ofte være nødvendig å ty til optiske metoder. Selv om den optiske undersøkelse ikke alltid er noe avgjørende bevis, kan det være et viktig indisium på veggen mot beiset.

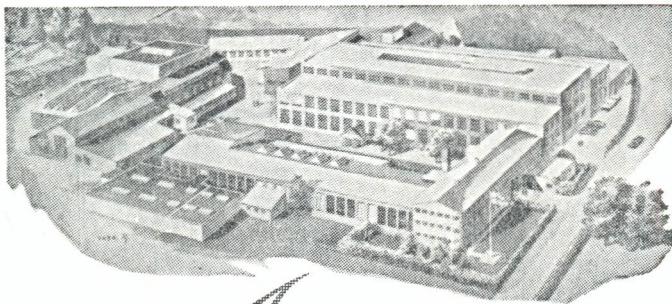
Som eksempler på emner som blir behandlet i foreliggende bok, kan nevnes: Inhomogeniteters innvirkning på bryningsindeksen. Bryningsindeks i en suspensjon av partikler. En generell formel for effektive bryningsindeks i et inhomogen medium. Slutninger man kan dra av lysspredningsmålinger.

Den matematiske utledning av formler blir selvsagt ikke alltid enkel, selv om forfatteren tydeligvis beskriver seg på dette. Men for dem som ikke kan eller ønsker å følge utledningen, er det ført opp en liste bak i boken med symbolenes betydning, slik at det ikke skal by på vanskeligheter å benytte formlene selv om den teoretiske bakgrunn skulle være mangelfull.

Boken inneholder også en fyldig liste med litteraturhenvisninger.

Det er blitt en meget interessant bok, som må kunne gi, især biofysikere, mange verdifulle opplysninger.

Jostein Knutsen.



Fra vårt fabrikk-
anlegg i Oslo... leverer vi:

Transformatorer for de største kraftanlegg, — til de minste fordelingstransformatorer av den typen som man kan se i ledningsstolpene landet over.

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

Vi representerer:

ASEA (Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget), som fremstiller alt materiell på sterkstrømsområdet.

A/S Per Kure

Oslo - Bergen - Hamar - Kristiansand S -
Larvik - Stavanger - Tromsø - Trondheim

Fra Fysikkens Verden

Redaktør: Professor dr. Haakon Olsen, N. T. H.
Redaksjonskomite: Rektor Finn Berntsen, Sverresborg skole, Trondheim.
Universitetslektor Wilhelm Læstads Universitetet, Blindern.
Dr. philos. Tormod Riste, Institutt for Atomenergi, Kjeller.
Professor Steingrim Skavlem, Universitetet i Bergen.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN, Genève.

Problempalten: Siv.ing. Richard R. Solem, N. T. H.
Teknisk medarbeider: Laboratorieing. Halvard Torgersen, N. T. H.

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

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

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

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

Postgirokonto: 10472

Bankgirokonto: 236545-285

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Sverre Westin

Styre: Professor dr. Njål Hole
Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Anders Omholt
Professor dr. Harald Trefall

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

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

GYMNASIASTER OG STUDENTER!

Dere kan få

Fra Fysikkens Verden

til redusert pris: kr. 10,— pr. år.

Abonnement kan tegnes enten ved postverket
eller ved direkte henvendelse, se adressen ovenfor.