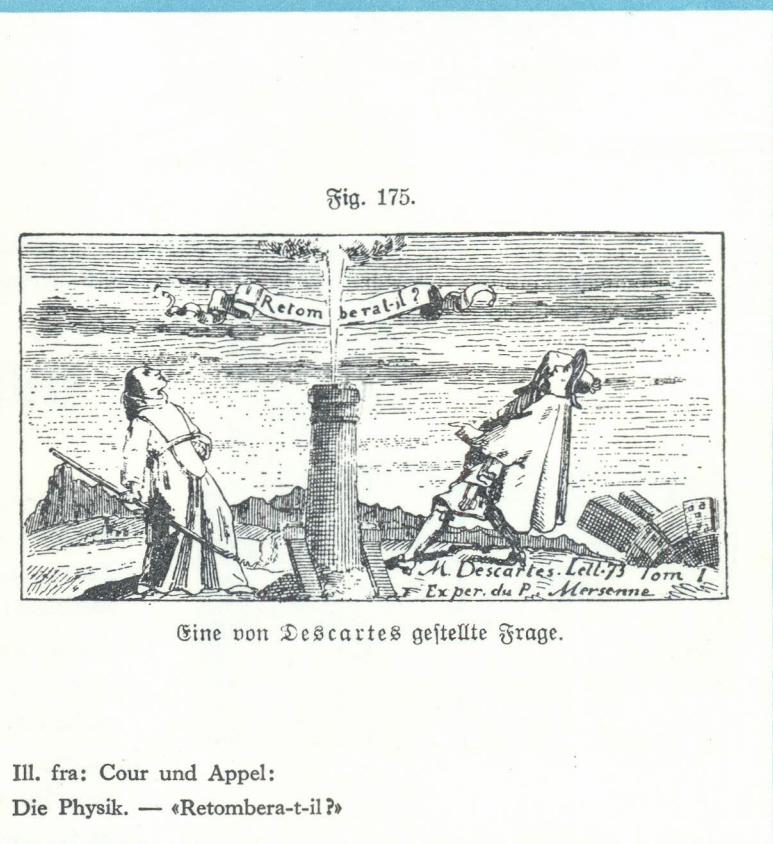


Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Lars Vegard, in memoriam	1
Nobelprisen i fysikk 1963	4
J. A. Holtsmark 70 år	6
AHA-spalten	8
Brev fra leserne	8
Ett nordiskt partikel- fysikinstitut? Del 1	9
Fysikalisk-kjemiske prosesser i bestrålt vann, del 1	12
Ballistik og bevegelses- lære på Galileis tid	17
Kjernreaksjoner og atomstruktur, del 2	20
Støyt demonstrasjon	23
Bøker	23

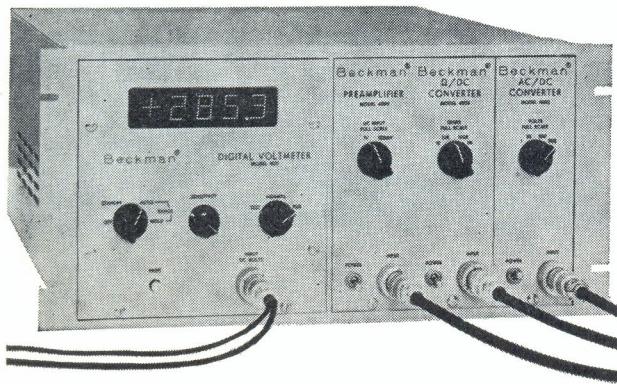


Ill. fra: Cour und Appel:
Die Physik. — «Retombera-t-il?»

Ballistik og bevegelsesslære
på Galileis tid (side 17)

Nr. 1 - 1964
26. årgang

BECKMAN/BERKELEY



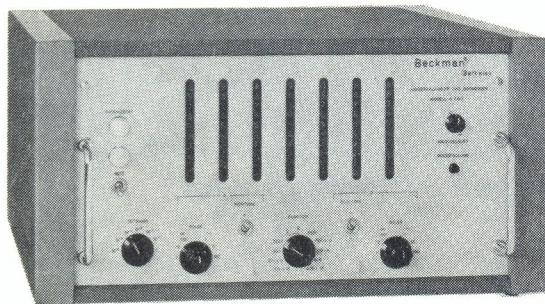
DIGITAL VOLTMETER

Nøyaktighet	0,01 %
Måleområde	0,001—1000 V
Områdevalg	Automatisk
Desimalangivelse	Automatisk
Polaritetsangivelse	Automatisk
Indikeringstid	1 sek.
Inngangsimpedans	10 Megohm

Instrumentet kan leveres med convertere til motstands- og vekselspenningsmålinger og har standard 1-2-4-8 utgangskode for automatisk registrering med Beckmans Speed Printer modell 1453.

UNIVERSALTELLER

— Modell M 7360 —



Frekvens-	
område: ...	0 til 2 Mc.
Tidsintervall-	
målinger: ...	fra $1 \mu\text{s}$ til 10^7 sek.
Nøyaktighet:	± 1 impuls \pm osc.stabilitet.
Ocillator-	
stabilitet: ...	± 5 deler av 10^8 pr. uke.
Inngangs-	
impedanse: ...	$10 \text{ M } \Omega$
Nett-tilslut-	
ning: ...	220 V, 50 per.

Instrumentet har kodet uttak for tilkopling av Speed Printer mod. 1453 H.

Eneforhandler:

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 1 - 1964

Redaktør: HAAKON OLSEN

26. årgang

LARS VEGARD

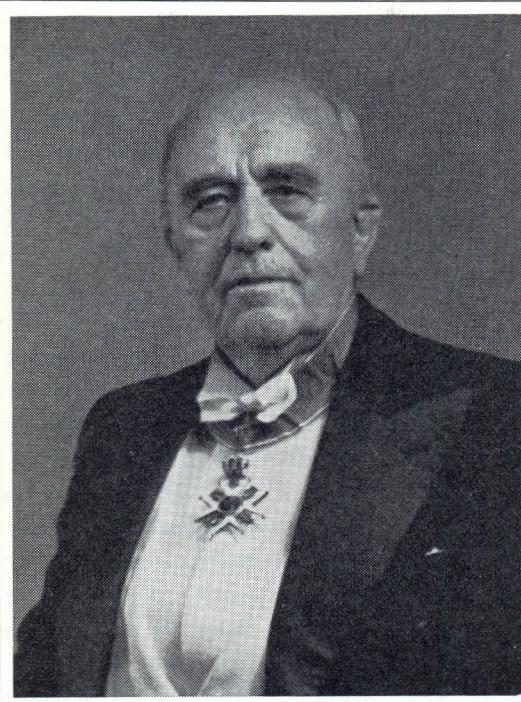
3. februar 1880 – 21 desember 1963

IN MEMORIAM

Få dager før jul kom det triste budskap at professor Lars Vegard var avgått ved døden. For mange kom det nok ikke overraskende; et hjerteattak sommere 1963 med tiltredende komplikasjoner kom han aldri over. Men like fullt var budskapet smertefullt. I norsk fysikk og geofysikk var han vår nestor som vi, hans elever og fagfeller, så opp til og beundret. Vi og mange med oss har ved hans bortgang mistet en kjær venn, Norge en god sønn, en av dets store i dette århundre.

Vegards liv og virke har vært omtalt flere ganger i dette tidsskrift¹. Det kan allikevel være på sin plass å gjenta noe av dette og utdype enkelte ting.

Vegards fødested var Grasåsen i Vegårds-



hei, et sted han hele livet følte seg sterkt knyttet til og stadig vendte tilbake til. Etter folkeskolen fortsatte han med amtskolen i bygda. Etter noen tids «praksis» i sin brors kolonialhandel i Risør tok han middelskolen på ettår, examen artium i 1897, og deretter den matematisk-naturvitenskapelige lærlereksamen, gruppe I og II i 1905. I 1913 ervervet han doktorgraden ved Det Kgl. Fredriks Universitet i Oslo på et arbeid om glimlys og kanalstråler.

Som student interesserte han seg særlig for matematikk. En av hans studiefeller, professor Bj. Bjerke, har fortalt at det var den alminnelige mening blant hans kamerater at Vegard ville gå matematikkens vei. Hans første avhandling: «Beiträge zur Theori der

¹ FFV 2, s. 1; 11, s. 193; 21, s. 241.

Lösungen» fra 1906 er også svært matematisk betonet, men arbeidet i de første år etter embeteksamen som vikarierende amanuensis ved Fysisk Institutt og hans tid som assistent hos professor Birkeland, penset hans interesser over på fysikken og geofysikken. Tiden som stipendiat 1908–1910 nytte han til opphold i England hos J. J. Thomsen og W. H. Bragg, et opphold som nok ble bestemmende for enkelte av de forskningsretninger han senere slo inn på.

I 1910 ble Vegard amanuensis ved Universitetets Fysiske institutt, i 1913 dosent og i 1918 ble han utnevnt til professor i fysikk, et embete han hadde til 1952.

Det er ofte tilsynelatende tilfeldigheter som bestemmer en manns livsgjerning. Selv har Vegard uttalt at det var møtet med Birkeland som fikk ham til å slå inn på fysikken fremfor matematikken og som gjorde at han aldri slapp fra seg interessen for jordmagnetisme, nordlys og kosmiske problemer. Dette ble hans hovedinteresse som han forfulgte hele sitt liv, selv om han også leverte verdifulle atomfysiske bidrag ved teoretiske arbeider om atomenes oppbygning, ved eksperimentelle undersøkelser av elektriske utladninger, kanalstråler og katodestråler i gasser, og videre ved røntgenanalyse av krystaller. Mange av disse undersøkelser ble forøvrig utført med henblikk nettopp på å bringe klarhet i problemene omkring nordlys og fenomener som henger sammen med dette.

Den første befatning med disse problemer fikk Vegard da han ble overlatt oppgaven å bearbeide Birkelands materiale om nordlys og magnetiske stormer samlet inn ved fire polarstasjoner i 1902–03. Det kjennskap han dermed fikk til nordlysets morfologi, variasjon og sammenheng med jordmagnetismen ledet ham til i 1911 å fremsette den hypotese at noe av nordlysets lystenning måtte skje med positive partikler. Birkelands og Størmers teorier gikk som kjent ut på tenning ved elektroner. En av Vegards «linjer» i hans senere meget varierte forskningsprogram ble ek-

sperimenter i laboratoriet og i felten for å bevise denne blandingspartikkeltetori. I 1912–13 deltok han i en ekspedisjon til Finnmark og studerte der bl. a. nordlysets spektrum. Han fikk ikke da noen bekreftelse på sin teori. Den kom først i 1939 da han med sikkerhet kunne fastslå at hydrogenatoms Balmerlinjer forekommer i nordlyset og — som senere funnet — at profilene av disse linjer viser at protoner kommer inn i atmosfæren med stor hastighet.

Spektrene fra Finnmark viste imidlertid andre interessante ting og ansportet ham til nye undersøkelser av den øvre atmosfæres fysikk. Det var særlig nitrogenspektret og den rolle nitrogenet spiller i de høyere luftlag som opptok ham. Hans indirekte målinger av lufttemperaturen i ca. 100 km's høyde ved hjelp av nitrogenspektrets bånd, vel de første slike målinger som ble foretatt, sammen med hans undersøkelser i Leiden og Oslo av spektret fra frosset nitrogen, ledet ham i midten av 20-årene til å fremsette teorien om sfæren av nitrogenkrystaller omkring jorden. Denne teori holdt ikke stikk. Men denne Vegards eneste større feilvurdering, er i virkeligheten meget forståelig. Alle identifisbare linjer og bånd i hans nordlysspektra fra den tid stammet fra nitrogen. En enkelt linje, den grønne nordlyslinje, var ikke identifisert. Men i sine spektra fra rent nitrogen, frosset til krystaller, fant Vegard denne linje. Hva var da mer nærliggende å tro enn at nordlyset med dets nitrogenbånd og nordlyslinje også måtte stamme fra fast nitrogen. Linjen ble kort etter at han framsatte hypotesen identifisert som en forbudt oksygenlinje. Men forklaringen på hvorfor han hadde funnet den i rent nitrogen kom først i slutten av 40-årene. En undersøkelse som han og hans medarbeidere gjorde av spektret fra «spektralrent» argon viste at med oksygenkonsentraser *mindre* enn 10^{-6} kom den grønne oksygen nordlyslinje klart frem. Med *større* oksygenkonsentrasijsn forsvant den. Vegards «rene» nitrogen var med andre ord til-

blandet uhyre små mengder oksygen, med den tids teknikk ikke detektbare, som gjorde tenning av linjen mulig. — Det ble i sin tid rettet ganske sterk kritikk mot Vegard for hans nitrogenkristallteori, og jeg mente derfor det var riktig å bringe fram ting i den forbindelse som er mindre kjent og som etter min mening viser at kritikken var mindre velbegrunnet.

Det er ugyjelig på begrenset spalteplass å omtale professor Vegards hele forskerinnsats. Den har gitt ham stort internasjonalt ry og mange vitenskapelige heders-bevisninger. En av de ting som gledet ham meget på hans eldre dager var en innbydelse til U.S.A. i slutten av 50-årene til å presidere ved et symposium om frie radikaler. Det var hans spektra av frosne gasser fra 20-årene, da han hadde funnet og analysert flere ukjente båndsystemer, som var blitt aktualisert ved nyere studier og nå tolket som spektra fra slike forbindelser.

Professor Vegard hadde en enorm arbeidskraft og -evne. Ved siden av det manuelt eksperimentelle arbeide, som han i tidligere år selv utførte, senere aktivt ledet og ved sitt eksempel inspirerte elever og medarbeidere til ekstra innsats, skrev han flere hundre avhandlinger. Selv dette fylte ikke opp hans hele arbeidsdag. Som den praktiske fysiker han var, ble hans fagkunnskap ofte nytta av offentlige institusjoner og privatpersoner. En kan nevne hans befatning med Holmenkollbanens tunnelprosjekt fra Majorstua til Nationalteatret og hans årelange virke som konsulent i isleggingsproblemer i elver ved vassdragsreguleringer. Da han som representant for venstre var medlem av herredstyret i tidligere Aker, bidrog han til løsning av flere tekniske spørsmål i kommunen.

Hans virke ved Universitetet i Oslo innskrenket seg forøvrig ikke bare til undervisning og forskning. Han var dekanus ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet fra 1937–41 og fungerte som formann eller ordinært medlem i en rekke komiteer og utvalg.

Universitetets utbygning og fremtid lå ham

sterkt på hjerte. Nå som universitetsbyggene reises i raskt tempo på Blindern og den fremtidige universitetscampus tar form, er det riktig å minnes at dette område ble foreslått av Vegard for snart 50 år siden som den fremtidige plass for universitetet. Det var nok meget hans fortjeneste at bygningene for realvitenskapene som første byggetrinn fikk sin plass der i midten av 30-årene. Vi må håpe at det nå ikke tar lang tid før Lars Vegards navn blir knyttet til området på en verdig måte.

Et annet eksempel på hans fremsyn og tiltaksevne finner vi i Det norske institutt for kosmisk fysikk. Skulle Norge fortsatt kunne holde den stilling i geofysisk forskning som menn som professor Chr. Hansteen, K. Birkeland, C. Størmer og han selv hadde brakt den frem til, måtte det et observatorium til og et organisert arbeid. Sammen med professorene Krogness, Størmer og S. Sæland stiftet han i 1927 instituttet, og han satt i dets styre, det meste av tiden som formann, fra starten inntil 1954. Til reising av bygningene ved Nordlysobservatoriet i Tromsø, kjernen i instituttet, skaffet han penger fra Rockefeller Foundation. Idag gir observatoriet Norge en gunstig utgangsposisjon i forhandlingene om deltagelse i det europeiske romforskningsarbeide.

Det er en selvsagt ting at en så aktiv mann som Vegard var med i faglig foreningsvirksomhet. Han ble medlem av vitenskapsakademiet i 1914. I Norsk geofysisk forening var han med fra dens første år, 1917. Han var i mange år visepresident i den Internasjonale fysiske union, medlem av styret i Deutsche physicalische Gesellschaft og i en rekke andre vitenskapelige foreninger i inn og utland.

En opptatt mann var han, men ikke mer enn at han også fikk tid til å slappe av i familien og dyrke andre interesser enn bare de faglige. Han var et ivrig friluftsmenneske, på ski om vinteren, og når tiden tillot det på fiske og jakt om sommer og høst. Han ferededes da helst i sin fødebygd hvor han alltid var

velsett. Han sto ualminnelig høyt i omdømme hos sine tidlige sambygddinger, ikke bare på grunn av de store ting han hadde utrettet, men fordi han tross dette fremdeles omgikk dem som likemenn og kamerater. Det fantes ikke snobberi i hans vesen.

Vi som har hatt den glede å være hans elever og arbeide sammen med ham i noe lengere tid, har hatt den samme erfaring. Han var forståelsesfull for våre vanskeligheter, satt ikke «på den høye hest». Han ga oss meget, av kunnskap og inspirasjon fra sin store er-

faring og sin entusiasme for faget. Han ga oss også sitt verdifulle vennskap. Vi er takknemlig for alt dette.

Han var en stor mann, som forsker, samfunnsborger og som menneske. For sine vitenskapelige fortjenester og samfunnsmessige yteler, ble han i 1952 tildelt kommandørkorset av St. Olavs ordenen.

La oss, hans elever, fagfeller og venner hermed få gi ham vår siste takk.

Fred over hans minne.

Gotfred Kvifte.

Nobelprisen i fysikk 1963

5. november kunngjorde Det Kungliga Svenska Vetenskapsakademi Nobelkomite at Nobelprisen i fysikk for 1963 ville bli delt med en halvpart til professor Maria Goeppert Mayer, California, sammen med Johannes Hans Daniel Jensen, Heidelberg, for «oppdagelser i forbindelser med atomkjernenes skullstruktur» og en halvpart til professor Eugene Paul Wigner, Princeton, for «bidrag til atomkjerne-teorien og elementærpartikkelteorien spesielt ved oppdagelsen og bruken av fundamentale symmetriprinsipp».

Maria Goeppert Mayer er født 25. juni 1906 i Katowice og studerte i Göttingen hvor hun tok doktorgraden i 1930. Siden har hun vært ved forskjellige universitet i USA til hun ble professor i fysikk i 1945 ved University of Chicago. Fra 1960 har hun vært ved University of California.

J. Hans D. Jensen er født i Hamburg i 1907 på samme dato som Maria Goeppert Mayer! Han studerte og tok doktorgraden i Hamburg i 1932 hvor han også var ansatt mesteparten av tiden inntil han i 1949 flyttet til Heidelberg som professor i teoretisk fysikk.

Eugene Wigner er født i Budapest 17. november 1902, studerte til kjemiingeniør i Berlin 1921–25 og var assistent og dosent i Berlin og Göttingen inntil han i 1930 kom til Princeton hvor han har vært mesteparten av tiden siden. Han har vært flittig brukt som «Science Adviser» for diverse komiteer i USA.

Professor Wigners bidrag til fysikken er så



mangesidig og omfattende at det er uggjørlig i en kort artikkel å gå i detaljer.

Han begynte tidlig å interessere seg for hvilke konsekvenser symmetriegenskapene har for fysiske system. At udegenererte kvantemekaniske system må ha en bestemt paritet oppdaget han f. eks. allerede i 1927. Isotopspinnnet ble også innført av han. Derved blir protonet og neutronet bare å oppfatte som to forskjellige tilstander av nukleonet, og at kjernekreftene er uavhengig av nukleonenes ladning, lar seg enkelt formulere. I 1931 utga han en bok om gruppeteori og atomspektra som var et pionerverk og som fremdeles i dag er et standardverk på området.

I kjernefysikkens spede barndom, i 1933, viste han at kjernekreftene måtte være meget

sterke, men bare ha en kort rekkevidde, kort sagt de måtte være Wigner-krefter. Senere har han undersøkt utvekslingskraftene, og i 1950 påviste han tensorkraftenes betydning i kjernene.

Han har også arbeidet med kjernemodeller.

Samtidig med Bohr utviklet han en compoundkjernemodell, og i 1937 frammette han sin supermultiplett teori som er en forløper for skallmodellen. Året før kom den kjente Breit-Wigner formelen for resonanse-reaksjoner som han senere har utvidet og generalisert.



Professorene Goeppert Mayer og Jensen har æren for den oppdagelsen i kjernefysikken som har satt i gang den største vitenskapelige aktivitet i den senere tid.

Mange hadde syslet med den ideen at atomkjernene var bygd opp av nukleoner på en tilsvarende måte som atomene er bygd opp av elektroner som går i hver sine baner forholdsvis uavhengig av hverandre. Men ingen hadde hittil greid å lage en modell som brakte system i den tilsynelatende kaotiske tilstand som rådet i kjernesystematikken. En kjente nok til visse systematiske trekk og korrelasjoner mellom de forskjellige kjerners bindingsenergi, spinn, paritet, magnetiske moment og andre egenskaper, men noen helhet var det ikke over det.

Det ble først i 1948 da Goeppert Mayer og Jensen uavhengig av hverandre framla skallmodellen. I denne modellen beveger nukleonenene seg uavhengig av hverandre i et felles potensial skapt av alle nukleon-kreftene i

fellesskap. Men det som med et slag skapte orden i sakene, var at dette potensial ble supplert med en sterk kobling mellom nukleonets egenspinn og banedreieimpuls. Denne enkle antakelsen brakte energinivåene i riktig rekkefølge, og, som for atomene, kunne et periodisk system for kjernene nå bygges opp ved å fylle nivåene med nukleoner i den rekkefølgen de forekom. En påfyllingsregel som sier at to og to nukleoner skal nøytralisere hverandre, sørger for at atomkjernens egenskaper hovedsakelig blir bestemt av dette siste ytterste nukleons tilstand.

Den videre utvikling og undersøkelse av Jensen og Mayer's modell med deformerbare, roterende og vibrerende potensialer, restkrefter og så videre er blitt en hovedindustri i dagens kjernefysikk både på det teoretiske og eksperimentelle området.

F. Bakke.

Professor

J. P. HOLTS MARK

70 år



På 70-årsdagen den 13. februar i år kunne professor J. P. Holtsmark se tilbake på et overmåte rikt liv som vitenskapsmann og akademisk lærer. Gjennom de siste 40–50 år har han stått som en av de mest sentrale skikkelsene i norsk fysikk, og er det fremdeles i dag.

Professor Holtsmark kom meget tidlig med i den aktive forskning i fysikk på internasjonalt plan. Etter studier ved universitetene i Oslo og Würzburg drev han vitenskapelig arbeide først i Leipzig, senere i Göttingen og dernest i London og tok allerede 24 år gammel den filosofiske doktorgrad i Oslo. Etter noen år som stipendiat og amanuensis i Oslo ble han professor i fysikk ved Norges tekniske høgskole, i en alder av 29 år.

Den tid han har arbeidet som vitenskapsmann faller meget nær sammen med den nye epoke i fysikkens historie, som omfatter utviklingen av den moderne kvantemekanikk frem til i dag. Professor Holtsmark har levet levet med som aktiv deltaker i hele denne utvikling, og har hatt den tilfredsstillelse å

kunne yte fundamentale bidrag til kvantemekanikken med arbeider som har vunnet stor internasjonal anerkjennelse, og som i dag står som verdige minnesmerker for hans innsats. Men professor Holtsmarks interesser spenner over praktisk talt hele fysikkens store spektrum, og han har ytet fremragende innsats på de forskjelligste områder, ikke minst innen den klassiske del av fysikken.

Hans første arbeider av større omfang, deriblant doktoravhandlingen, behandlet spektroskopiske problemer, intensitetsforlopet i seriespektrene, og undersøkelser over spektrallinjenes bredde, blant annet Stark-effektens innvirkning på linjebredden. Disse arbeider må henregnes nærmest til den klassiske fysikk eller til overgangsstadiet mellom klassisk fysikk og moderne kvantefysikk. Det er bemerkelsesverdig at de i de senere år har fått fornyet aktualitet i forbindelse med utviklingen av plasmafysikken, og man finner dem nå ofte sitert i nyere litteratur.

Allerede tidlig tok han opp arbeidet med problemer innen akustikk, både på det teoretiske plan og når det gjelder den anvendte bygningsakustikk. Ved NTH utviklet han landets første prøvningsopplegg for lydisolasjon og lydabsorpsjon i vegg- og gulvkonstruksjoner, og utførte sammen med sine elever og medarbeidere banebrytende arbeider med modellforsøk, ikke minst når det gjelder studiet av romakustikk. Akustikken er vel kanskje det forskningsområdet som også i de senere år har oppattat ham mest.

Hans mest epokegjørende arbeider finner vi imidlertid på bølgemekanikkens område. Noen av de metoder som han der tok i bruk med så stort hell, hadde sitt utspring og sin parallel i akustikken, nemlig spredning av lydbølger, og det var vel dette som ansporet

ham til å ta metodene i bruk for beregning av støtprosesser og partikkelspredning i atomfysikken. Da den nye bølgemekanikk var brakt frem av Schrödinger, og hadde bevist sin styrke når det gjelder beskrivelsen av de bundne elektronertilstander i atomene, så han straks muligheten for å behandle støtprosessene eksakt som diffraksjon på bølgemekanisk basis. Allerede hans første arbeide over sådanne støtprosesser, sammen med Faxén, var helt banebrytende, og han oppnådde snart å utvikle og generalisere teorien ytterligere, med det resultat at bølgemekanikken med stort hell kunne tas i bruk også til beskrivelse av vekselvirkningen mellom fri elektroner og atomer. Hans arbeider på dette område er vel noen av de mest monumentale prestasjoner innenfor den fysiske forskning i vårt land, og disse arbeider, som ble utført så tidlig som i 1927 og de derpå følgende år, har vunnet stor internasjonal anerkjennelse. Han fikk også satt igang eksperimentelle arbeider for studiet av elektronspredning, og undertegnede, som på den tiden var hans elev og medarbeider på dette arbeidsfelt, ser med dyp takknemlighet tilbake på den tid da disse arbeider ble gjennomført, og på hans initiativ og inspirerende ledelse.

Tidlig i 1930-årene da Cockcroft og Waltons første sensasjonelle resultater om kjerne-spaltning med kunstig akselererte protoner ved Cavendish Laboratory i Cambridge ble kjent, tok han straks opp arbeidet med å bygge et kjernefysisk laboratorium ved NTH. Tidene den gang var ytterst pinaktige med hensyn til økonomiske muligheter for å sette i gang eksperimentell forskning, men han vek ikke tilbake for vanskelighetene og fikk med støtte fra halvt privat hold, blant annet fra forsikringsselskaper og lignende, reist en kapital på ca. 50.000,—, som var ansett som et stort beløp etter den målestokk man den gang hadde på bevilgninger til eksperimentalforskning i fysikk her i landet. Med disse midler startet han bygning av en van de Graff-generator ved

NTH i 1934. Undertegnede, som i 1935 fikk reise til Cambridge for å få nærmere rede på de eksperimenter som der var i gang, kunne konstatere at tiltaket med bygning av en van de Graff-generator vakte stor interesse på internasjonalt hold. For denne van de Graff-generator var visstnok den første som ble bygget i Europa. At et institutt ved NTH den gang kom helt i frontlinjen med hensyn til forskningstiltak, var utelukkende hans personlige fortjeneste. Dette eksperimentelle opplegg har båret rike frukter, også etter at Holtsmark overtok professoratet i fysikk ved Universitetet i Oslo. Det gode instituttmiljø for kjernefysikk som der har utviklet seg, må utvilsomt sies å ha hatt sitt utspring i de tiltak som han satte i verk i Trondheim, selv om han etter hvert har trukket seg tilbake fra aktiv medvirkning på dette forskningsfelt.

I den senere tid har professor Holtsmark til gjengjeld tatt et nytt initiativ for forskning, nemlig innen området faste stoffers fysikk, og det er nå ved hans institutt i Oslo bygget opp en sterk forskningsgruppe for dette formål, og mange fremragende arbeider har der allerede blitt gjennomført.

Det som i det hele tatt særpreger professor Holtsmark som fysiker, er hans allsidige orientering både når det gjelder de forskjellige grener av fysikken og når det gjelder evnen til å kombinere teoretisk og eksperimentell innsikt. Hans første arbeider var av eksperimentell karakter, og han har hele tiden beholdt sin sterke interesse for eksperimental-forskning og har stadig satt igang arbeider på det eksperimentelle plan, selv om han med sine personlige arbeider hovedsakelig har beveget seg på teoriens områder. Fysikken er jo primært en eksperimentalvitenskap, således at enhver teori som motsies av eksperimenter, ikke har livets rett, for det er jo så at når kart og terrenget ikke stemmer overens, da kan man i alminnelighet gå ut fra at det er terrenget som er riktig. Derfor er det for en teoretiker av stor betydning å ha for øye den eksperimentelle kontroll av teoriens ut-

sagn, og i denne henseende har professor Holtsmark hatt en særdeles lykkelig evne til å forene teoretisk og eksperimentell forskning.

Hans evne til å forene teori og eksperiment kom også klart til synet i hans forelesninger i fysikk ved NTH. Disse forelesningene, som lå på et såvidt avansert plan at de ikke fangte den interesse blant det store flertall av NTH-studenter som de i virkeligheten hadde krav på, var også mørkstygldige som eksperimentalforelesninger. Man ble der forskånet for det som en kjent tysk professor kalte «hemmungslose Kreidephysik», og man fikk her stadig små glimt av det fysikalske landskap, ofte med eksperimenter som var så forbløffende at man knapt ville tro sine egne øyne, og som viste at teoriens kartverk var solid fundert på naturens virkelighet. Dette gav undervisningen et sikkert fundament, og de som fulgte forelesningene, fikk gjennom det eksperimentelle innslag impulser av varig verdi og en langt dypere forståelse av faget.

Men professor Holtsmarks interesser strekker seg langt ut over fysikkens grenser. De omfatter filosofi, kanskje særlig naturfilosofi, som han har fordypet seg meget i, og litteratur og kunst, og han er også en habil botaniker, som har drevet det meget langt i retning av

å dyrke sjeldne og fremfor alt tropiske planter i sin have.

Som instituttsleder har han en sjærmerende evne til å sette alle i gang med arbeide uoppfordret, og jeg tror neppe at det var noe institutt ved NTH hvor det ble arbeidet så intens til nærsagt alle døgnets tider som ved Fysisk Institutt i 1930-årene. Han formådde å lage skole i videste betydning. Svært mange av hans elever og assistenter innehar nå ledende stillinger i industri og vitenskapelig forskning, og de har sikkert tatt med seg rike impulser fra det givende instituttmiljø han skapte.

La disse linjer være min hyllest og gratulasjon til professor Holtsmark ved 70-årsjubileet. Jeg ønsker ham hjertelig tillykke når han runder denne milepelen etter et langt virke som vitenskapsmann og akademisk lærer. Jeg føler meg sikker på at de mange elever og medarbeidere som har hatt den glede å arbeide i hans institutt, gjerne vil slutte seg til min gratulasjon, og som representant for Norsk Fysisk Selskap, hvis formann han også har vært, gjør jeg meg gjerne til talsmann for de mange fysikere som er medlemmer av dette selskap og bringer ham selskapets og medlemmenes lykkenskninger til jubileet.

Sverre Westin.

AHA*-spalten

Problem:

Ifølge enkelte hypoteser avtar Jordens radius med et bidrag av størrelsesordenen 1 mm pr. år. Professor R. O. Kapp mener dette kan ha sin årsak i materie-annihilasjon.

Hva blir etter dette anslagsvis materiens og dermed også Jordens halv-levetid? Hvilke andre effekter kan man vente å observere dersom teorien er riktig?

Løsning av problem i nr. 4, 1963:

$$\varphi = \ln P + \text{konstant}, \text{ hvor konstanten bestemmes ifølge: } \oint \varphi dx dy = T.$$

Herr Rolv Rasmussen, Hamar, får tilsendt Redakjonens spesielle hilser for sin løsning.

* Aandelig Hvile Annihileres!

Brev fra leserne

Metallers bruddfasthet.

Herr Redaktør,

Den store bruddfasthet for metaller tilskrives som bekjent at valenselektronene danner «bro» mellom kjernene, og denne bro blir ikke svekket om kjernene beveger seg i forhold til hverandre. Som flyger ville jeg være meget takknemlig for å få rede på om fjernelse eller tilføring av elektroner — altså elektrisk oppladning — kan ha noe å si for metallets bruddfasthet.

Luftkrigsskolen, Trondheim i januar 1964.

Kjell Finnebråten.

Ett nordiskt institut för elementarpartikelfysik?

Del 1

Gunnar Källén

1. Elementarpartikelfysikens utveckling fram til 1950.

Sedan de grunnläggande lagerna inom den klassiska fysiken blivit klarlagda under 1800-talet, upptäcktes under slutet av förra och början av innevarande århundrade materiens atomära struktur och speciellt existensen av de två mest stabila elementarpartiklarna, elektronen och protonen. Det är knappast nödvändigt att här i detalj gå in på en skildring av dessa partiklars egenskaper, eftersom detta är saker, som behandlas utförligt både i nuvarande gymnasiekurser och vid de kurser i fysik, som ingår i de elementära universitets-examina. Låt oss bara som hastigast erinra om hur man först försökte förklara eller åtminstone beskriva t. ex. elektronens egenskaper med hjälp av den klassiska fysiken. I många fall fick man på detta vis en mycket god beskrivning av elektronens egenskaper, i något fall (t. ex. för den s.k. «normala» Zeeman-effekten) också i atomära sammanhang. Emmellertid visade sig begränsningen av den klassiska fysikens lager särskilt tydligt i den Bohrska modellen för väteatomen, där t. ex. de Maxwellska ekvationerna för den elektromagnetiska utstrålningen helt visade sig sakna giltighet. Det är välkänt hur ett studium av detta område ungefär vid mitten av 1920-talet i och med utvecklingen av kvantemekaniken ledde fram till en av de mest genomgripande revisioner av hela fysikens världsbild, som någonsin förekommit. Den djupare förståelse av fundamentala fysikaliska sammanhang som kvantemekaniken innehåller, har visat sig få konsekvenser inte bara när det gäller egenskaperna hos protonen och elektronen utan också inom många andra områden av fysiken och angränsande vetenskaper. En korrekt behandling av t. ex. den kemiska bindningen är inte möjlig utan kvantemekanikens hjälp. Också rent tekniska

tillämpningar av kvantemekanikens lagar (transistor) existerar idag.

Grundforsningen inom fysiken har inte avstannat sedan egenskaperna hos atomernas elektronhöjen i stort sett klarlagts. Från och med 1930-talet har det blivit möjligt att experimentellt undersöka också atomkärnornas inre. Detta område av fysiken representerade under slutet av 1930-talet och hela 1940-talet frontlinjen för fysikalisk forskning. Från experimentell sida kunde man studera hithörande fenomen efter det att acceleratorer för energier av storleksordningen 1 MeV eller mera konstruerats. Först härom blev det möjligt att bombardera atomkärnorna med projektiller, som verkligen förmådde tränga in i själva kärnan och ge upplysningar om denna egenskaper. Som bekant visade det sig då, att ett mycket stort antal nivåer existerar i själva kärnan på liknande sätt som i atomens elektronhöje. Väsentliga framsteg för en teoretisk förståelse av dessa nivåer gjordes i slutet av 1940-talet i samband med att skalmodellen och alla dess modifieringar utarbetades. Någon verkligt genomgripande revision av de grundläggande fysikaliska lagerna på ett sätt, som motsvarade utvecklingen av kvantemekaniken, innebar detta emellertid inte. Tvärt om visade det sig, att i varje fall den grova strukturen i kärnornas nivåschema kan förstås med utgangspunkt från allmänna kvantemekaniska principer och ganska schematiska antaganden rörande den potential, i vilken kärnans beståndsdelar nukleonerna, dvs. protonerna och neutronerna, rör sig. Utvecklingen inom detta område är långt ifrån avslutad och stora ansträngningar görs alltid — och med rätta — för att fördjupa våra kunskaper om atomkärnornas struktur. Det torde emellertid i stort sett råda enighet om, att vi här inte längre har att göra med ett område där fysikens fundamentala principer kritiskt prövas, utan att man har ett mångkropparproblem, vars egenskaper bestämmes av lösningarna till en Schrödinger-

Dr. Gunnar Källén är professor ved Institutionen för Teoretisk Fysik, Lunds Universitet.

ekvation av mycket komplicerat slag. Det gäller att finna approximativa lösningar till denna Schrödigerkvation och att studera dessas allmänna egenskaper, särskilt i den mån de är oberoende av de speciella krafter, som verkar mellan nukleonerna.

De praktiska användningarna av kärnstrukturforsningen är väsentligen begränsade till två viktiga fenomen — fissionen och fusionen. Förutom militära tillämpningar lockar här framtidsperspektivet av elektrisk energi till billigt pris. Tekniskt har det sedan länge varit möjligt att utnyttja den vid fission frigjorda energin till att alstra elektricitet, men hittills har denna metod varit ekonomiskt konkurrensduglig endast under mycket speciella förhållanden. Utvecklingen går här emellertid framåt, och den dag jordens övriga energikällor är uttömda - eventuellt väsentligt tidigare - blir atomenergin oumbärlig.

2. Den nya elementarpartikelfysiken.

Under 1930- och 1940-talet utvidgas antalet kända elementarpartiklar med positronen, neutronen, neutrinos, π -mesonen och μ -mesonen. Dessa upptäcktes antingen vid kärnstrukturforsningen eller i den kosmiska strålningen. De känslor, man på den tiden hade om t. ex. mesonerna, var mycket bristfällig till stor del beroende på att man vid ett studium av dessas egenskaper var hänvisad till att använda de i den kosmiska strålningen ganska sparsamt förekommande partiklarna. Denna situation ändrades radikalit i och med att man i slutet av 1940-talet fick möjlighet att framställa mesoner artificiellt med hjälp av högenergiacceleratorer. I början av 1950-talet nådde dessa energier av storleksordningen 1 GeV och var i stånd att producera nya elementarpartiklar, som ej tidigare iakttagits. Man fann på detta sätt vad som numera kallas K-mesoner och hyperoner samt, något senare, också antinukleoner. De för närvarande största i drift varande maskinerna kan accelerera protoner till en energi av storleksordningen 30 GeV, och en accelerator med en energi av 70 GeV är under byggnad i Ryssland och beräknas vara färdig någon gång under 1965 eller 1966. Med hjälp av dessa maskiner har det varit möjligt att producera och studera elementarpartiklar under kontrollerade förhållanden. De flesta av dessa har visat sig vara instabila och sönderfaller med livstider av storleksordningen 10^{-10} sek eller mera. Den mest

långlivade, icke stabila elementarpartikeln är neutronen med en livstid av ung. 11 min. Man känner idag ganska väl egenskaperna av isolerade elementarpartiklar, dvs. dessas massor, spin, paritet, livstider, huvudsakliga sönderfallsschema etc. Man har också ganska god experimentell kännedom om träffytan för t. ex. spridning av π -mesoner eller K-mesoner mot nukleoner liksom också om träffytorna för mesonproduction vid stöt mellan t. ex. två nukleoner eller mellan π -mesoner och nukleoner. För att beskriva speciellt produktionen av K-mesoner och hyperoner (de senare utgörs av Λ -partikeln, Σ -partiklarna och Ξ -partiklarna) har man fenomenologiskt infört ett nytt kvanttal, särtalet (eng. strangeness), som är en rörelsekonstant, och vars värde bestämmer vilka slag av K-mesoner och hyperoner, som kan bildas i en given stöt. Vi kan inte gå in på detaljer rörande dessa intressanta fenomen, men nämner i korthet att man vid inelastiska stötar där K-mesoner och hyperoner bildas aldrig producerar en enskild partikel utan alltid minst två. Hyperoner och K-mesoner kallas ibland med ett gemensamt namn «särpartiklar» (eng. strange particles).

3. Resonanser bland elementarpartiklar.

Av teoretiska skäl, i något fall verifierade på experimentell väg (genom spridning av elektroner mot nukleoner), har man anledning att förmoda att elementarpartiklar i allmänhet har en utsträckning i rummet av storleksordningen 10^{-13} cm, dvs. Comptonväglängden för π -mesoner och, kanske tillfälligtvis, också den klassiska elektronradien. Eftersom i varje fall elektromagnetiska växelverkningar fortpendlar sig med ljusets hastighet och även växelverkningar elementarpartiklar emellan vid ej alltför låga energier kan förmadas ha en utbredningshastighet av samma storleksordning, dvs. 10^{10} cm/sek, skulle man vänta sig att en karakteristisk tidsenhet för processer där elementarpartiklar bildas eller växelverkar med varandra skulle vara av storleksordningen 10^{-23} sek. Betraktad från denna synpunkt är den tidigare nämnda karakteristiska livstiden 10^{-10} sek för de vanliga elementarpartiklarna mycket lång. Om man tänker sig att elementarpartiklarna själva har något slag av struktur på samma sätt som t. ex. atomkärnorna, kan man vänta sig att exciterade tillstånd av dessa partiklar bör existera med en livstid varierande från den

naturliga livstiden ovan och uppåt. Enligt allmänna kvantmekaniska principer bör sådana tillstånd, om de existerar, kunna experimentellt påvisas som resonanser i träffytorna vid spridning av elementarpartioklar mot varandra. Bredden av ifrågavarande resonans står i relation till livstiden av det exciterade tillståndet med hjälp av obestämdhetsrelationen, dvs. den bör vara av storleksordningen 100 MeV eller mindre. Sedan mer än ett decennium har man känt till existensen av en sådan resonans, som uppträtt vid spridning av π -mesoner mot protoner. Denna resonans har, om den uppfattas som ett exciterat tillstånd av protonen, en massa av 1238 MeV och en livstid av $0.45 \cdot 10^{-23} \text{ sek}$, dvs. just den riktiga storleksordningen. Likartade exciterade protoner med högre energier känner man också till sedan någon tid tillbaka. Sedan början av 1960-talet har här skett en explosionsartad utveckling. Det har visat sig att resonanser snarare är regel än undantag i växelverkan mellan elementarpartioklarna. Man har konstaterat att t. ex. två π -mesoner, som växelverkar med varandra, har en starkt utbildad resonans, som svarar mot ett instabilt tillstånd av «mesonmateria» med en massa av 750 MeV . Ifrågavarande resonans har en bredd av 100 MeV , vilket svarar mot en livstid av $0.7 \cdot 10^{-23} \text{ sek}$. Man har rent av utnämnt motsvarande instabila tillstånd till en ny partikel och kallar den för ρ -mesonen. Likartade resonanser existerar också vid andra energier för växelverkan mellan två π -mesoner liksom vid växelverkan mellan tre π -mesoner (ω -mesonen och η -mesonen), mellan K-mesoner och π -mesoner, mellan K-mesoner och nukleoner och mellan hyperoner och π -mesoner. Under den senare delen av 1963 påvisades rent av en resonans mellan den ovan nämnda ω -mesonen och en π -meson. Det skulle här föra för långt att ens försöka ge en någorlunda fullständig lista över alla de resonanser, som hittills observerats inom elementarpartielfysiken. En sådan lista skulle för övrigt mycket snart bli inaktuell eftersom nya resonanser ofta upptäcks och också därför att vad som vid ett preliminärt experiment interpreterats som resonans vid närmare undersökningar ibland visat sig inte existera. (Sådana resonanser är alltså kortlivade från mer än en synpunkt!) Vi står här bara vid början av en utveckling, som uppenbarligen är av fundamentalt intresse för den fysikaliska grundforskningen. Eftersom vi nu för första gången är i stand att studera något, som kan

karakteriseras som strukturen av elementarpartioklarna, dvs. ett helt nytt område av fysiken, uppställer sig frågan om de numera konventionella kvantmekaniska lager, som uppställdes på 1920-talet, skall visa sig gälla också för dessa nya miniatyrvärld, som elementarpartioklarnas inre utgör, eller om en ny revision av vårt tänkande på samma sätt som vid uppställandet av kvantmekaniken skall visa sig nödvändig. Alternativt skulle man kunna säga, att frågan är huruvida den nya resonansfysiken kommer att utveckla sig till något som liknar kärnstrukturforskingen, dvs. till ett problem om hur kvantmekaniken skall tillämpas, eller om vi på detta område blir tvungna att ersätta kvantmekaniken med en ny, mera allmän teori. Denna eventuella nya teori måste innehålla kvantmekaniken som gränsfall på samma sätt som den senare innehåller den klassiska mekaniken som gränsfall. Det torde vara för tidigt att idag ha någon vedervederhäftig åsikt på denna punkt, men så ycket är i alla fall klart som att om en sådan revision av fysikens grundvalar överhuvudtaget kommer att visa sig nödvändig har vi här det område, där vi har största chansen att finna gränserna för vad vi nu vet eller tror oss veta. Det är tänkbart, att de försök vi nu gör att inordna de nya resonanserna i kvantmekaniska sammanhang genom att tillordna dem kvanttal och symmetriegenskaper i stort sett motsvarar den klassiska beskrivningen av elektronen och protonen i början av 1900-talet. En sådan behandling är uppenbarligen nödvändig till att börja med om inte för annat så för att finna begränsningen i en sådan metod. Det är just den eventuella möjligheten av en sådan begränsning, som gör området så intellektuellt lockande. Någon mindre revision av kvantmekanikens lagar har redan visat sig nödvändig (modifikationen av partitslagarna i slutet av 1950-talet) inom elementarpartielfysiken, men i stort sett måste man säga, att ingen motsägelse uppkommit mellan hittillsvarande experimentella resultat och allmänna kvantmekaniska principer. Å andra sidan existerar ingen teori, som på ett tillförlitligt sätt kan förutsäga t. ex. vilka elementarpartioklar eller resonanser, som existerar och är mindre förutsäga deras egenskaper. Innan en sådan teori kan byggas upp och därigenom ge ett svar på de ovan antydda grundläggande frågorna, behövs mera detaljerad experimentell information, än vad som är tillgänglig idag.

(Fortsettes)

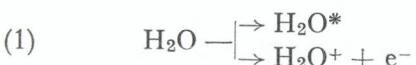
Fysikalsk-kjemiske prosesser i vann bestrålt med ioniserende stråling

Del 1

Thormod Henriksen

Til tross for intens forskning i de senere år er vårt kjennskap til de tidlige prosesser etter en bestråling forholdsvis lite. På dette grense-området mellom fysikk og kjemi, som kan tidfestes til 10^{-13} - 10^{-8} sekund etter en bestråling, blir absorbert strålingsenergi nyttig gjort til blant annet å danne reaktive enheter som frie radikaler. Disse vil i sin tur sette i gang den kjede av prosesser i biologiske systemer som til slutt fører til slike observerbare resultater som celledød, mutasjon etc. I løpet av de siste år har vi fått en rekke fysiske metoder som har gjort det mulig å stabilisere og studere primærprodukter ved en bestråling. I det følgende skal omtales hvordan en ved hjelp av lave temperaturer og elektron spinn resonans (ESR) spektroskopi kan få nye opplysninger om primærprosessene i bestrålt vann.

Når rent vann bestråles med ioniserende stråling, dannes eksiterte og ioniserte molekyler:



Fra disse 3 utgangsprodukter stammer det meste av den observerbare stråleeffekt i vandige systemer og biologiske objekter. La oss derfor se hvordan det går med hver av disse 3 primærprodukter.

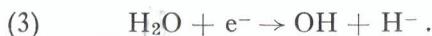
I et vannmolekyl deltar 4 av de 10 elektronene i kjemiske bindinger og er i såkalte « σ -bonding orbitals». Disse vil eksiteres til en σ -antibonding orbital og etter en enkel vibrasjon (omtrent 10^{-13} s) vil molekylet dissosiere til H atomer og OH radikaler. Det er å vente at den kinetiske energi disse radikalfragmentene får, er liten, og de vil derfor for en stor del rekombinere til vann igjen. De 6 surstoffelektronene vil ved en eksitasjon gi både singlett og triplett tilstander. Dette kan i sin tur føre til utsendelse av lys, eller eksita-

sjonsenergien kan gå over til varme. Vi kan altså skrive at



De elektroner som er slått løs ved ioniseringsprosessene, vil raskt tape sin energi ved å ionisere og eksitere andre vannmolekyler. De vil på denne måte komme ned i en energi på mindre enn ca. 7 elektronvolt (eV) som er laveste eksitasjonspotensial for vann. Elektronene som nå kalles for subeksitasjons-elektroner, har fortsatt stor energi sammenlignet med termisk energi som er $1/40$ eV. Dette betyr at elektronene på en eller annen måte må kunne avgive energi til eller reagere med det omgivende medium. Et subeksitasjonselektron kan vekselvirke med vann-molekylene på fire måter.

1. Elektronene kan reagere med vann etter formelen



Denne reaksjon følges umiddelbart av reaksjonen



Reaksjon (3) har en terskelverdi på 4,8 eV og har et maksimum på ca. 6 eV. En god del av molekylært vannstoff (H_2) dannes sannsynligvis på denne måten.

2. Subseksitasjonselektroner kan tape energi ved å vekselvirke med atomære oscillasjons- og vibrasjons-tilstander. Ut fra kjennskapet til hvordan et elektron taper energi til gitteroscillasjoner i en ionekrystall, fant Platzman at energitapet ved denne prosess kan settes til 10^{13} eV/s. Denne vekselvirkning gjelder ned til ca 0,2 eV som er laveste oscillasjons-nivå for vann.

3. Elektronene kan vekselvirke med vannets dipolare struktur. Energitapet skjer da ved rotasjon av dipoler, og størrelsen er beregnet av Fröhlich og Platzman til ca 10^{13} eV/s for vann ved 20°C . Dette energitap er avhengig av vannets relaksasjonstid. For is er relaksa-

Dr. philos. Thormod Henriksen er ansatt ved Norsk Hydros Institutt for Kreftforskning, Radiumhospitalet, Oslo.

sjonstiden ca 10^6 ganger større enn for flytende vann og energitapet reduseres til ca 10^7 eV/s.

4. Den fjerde type vekselvirkning et subeksitasjonselektron kan ha med vann er elastisk spredning. Vi vet lite eller ingenting om denne type vekselvirkning, men den vil influere på den avstand et subeksitasjons-elektron når bort fra det positive ion før det blir termisk. Meningene er delte når det gjelder denne avstand og videre når det gjelder den skjebne som møter det termiske elektron. To forskjellige teorier er fremsatt:

1. Samuel og Magee's teori.
2. Lea-Gray-Platzman's teori.

Samuel-Magee's teori.

Samuel og Magee antar at de elektroner som slås løs ved ioniseringss prosessene taper energi ved støtprosesser. Den midlere fri veilengde mellom to kollisjoner settes lik L . Den midlere kvadratiske avstand fra det positive ion etter n kollisjoner er

$$(5) \quad \bar{r^2} = nL^2.$$

Hvis vi i første omgang ser bort fra Coulombenergien, så kan elektronets energitap ved en kollisjon settes til

$$(6) \quad -\frac{dE}{dn} = \lambda E,$$

hvor λ er den brøkdel av den totale energi som tapes pr. kollisjon. For vann vil λ variere mellom 0,025 og 0,05. Fra de to ligningene ovenfor får vi uttrykket

$$(7) \quad \frac{dE}{d(\bar{r^2})} = -\frac{\lambda}{L^2} E,$$

som integrert gir

$$(8) \quad E = E_0 e^{-\lambda \bar{r^2}/L^2}.$$

Settes $E_0 = 10$ eV som startenergi for subeksitasjonselektronene. E lik den termiske energi (0,025 eV), $L = 2\text{\AA}$, $\lambda = 0,04$, så blir $r = \sqrt{\bar{r^2}} = 24\text{\AA}$. Hvis en tar hensyn til Coulombenergien så vil en få noe mer kompliserte uttrykk som dog lar seg løse numerisk når L og λ er kjent. Dette vil føre til at verdien for r reduseres til ca 18\AA .

I følge Samuel og Magee's hypotese vil det termiske elektron bli trukket tilbake til det positive ion hvis det er blitt termisk i en avstand hvor Coulomb-energien er større enn den termiske energi. Denne grense-avstand

eller kritiske avstand (r_c) er gitt ved ligningen

$$(9) \quad \frac{e^2}{\varepsilon r_c} = kT,$$

hvor ε er dielektrisitetskonstanten for vann, og vi må her benytte den høyfrekvente verdi som er lik ca. 5. Størrelsen r_c blir da lik 115\AA . Hvis en sammenligner dette resultat med de ovenfor nevnte 24\AA , så er konklusjonen klar. De termiske elektroner trekkes tilbake til det positive ion og gir høyt eksitere vannmolekyler som spaltes til radikaler H og OH etter:



Som en ser fører Samuel og Magee's teori til at de reaktive radikaler H og OH danner i like store mengder og med den *samme* initiale fordeling. De mener nå at det videre forløp er diffusjonsbestemt.

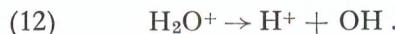
Lea-Gray-Platzman's teori.

Lea-Gray-Platzman's teori starter med Lea's tidlige studier hvor han hevder at sekundær-elektronene vil nå ut til en avstand av 150\AA fra det positive ion før de er blitt termiske. Denne verdi var utledet på grunnlag av noen gamle tåkekammerfotografier av den initiale avstand mellom et ionpar i en gass. Disse beregninger tok videre hensyn til forholdet mellom tettheten til vann og gass. Platzman har senere gjort forsøk på å beregne denne avstand og mener at den er større enn 50\AA . Selv om det fortsatt er uenighet betyr dette at Lea-Gray-Platzman teorien regner med en langt større avstand mellom det positive ion og det termiske elektron enn den Samuel og Magee's teori fører til.

Det mest avgjørende skille mellom de to teorier gjelder den skjebne som møter det termiske elektron. Mens Samuel og Magee antok at elektronet ble trukket tilbake til det positive ion, så regnet en i den opprinnelige Lea-Gray-teorien med at de termiske elektroner reagerer med vann etter formelen



De positive ioner vil i sin tur gi reaksjonen



Dette betyr at i Lea-Gray's teori regner en fortsatt med at en får spaltet vann i H og OH radikaler, men poenget er at fordelingen av radikalene er en annen enn den Samuel og Magee antar. I følge Samuel og Magee danner radikalene i selve sporet til den ioniserende partikkelen, mens Lea-Gray antar at OH radi-

kalene dannes i sporet og H atomene for det meste *utenfor* sporet (ligning (11)).

Platzman har studert de energimessige forhold ved ligning (11). Han konkluderer med at den reaksjon som strålingskjemikere i mange år har hatt som grunnlag for sine interpretasjoner i strålingskjemi i virkeligheten ikke finner sted. Platzman fant at reaksjon (11) er endoterm. I væskefasen kan den gå ved å benytte hydreringsenergien til hydroksylyonet. En hydrering betyr at man får et ordnet mønster av dipoler omkring ionet. Dette er imidlertid en prosess som trenger en tid av størrelsesorden 10^{-11} sekunder som er relaksjonstiden for vann. Et termisk elektron vil imidlertid passere forbi hvert vannmolekyl på en tid av størrelsesorden 10^{-13} sekunder. Dette betyr at det ikke er tid nok til rådighet for en hydrering av hydroksylyonet, og Platzman mente at det termiske elektron ganske enkelt passerte forbi. Det som ble det termiske elektrons endelige skjebne var at det ble stabilisert i vannet ved hjelp av en hel samling vannmolekyler. Vi hadde dermed fått et såkalt «solvated electron» eller et polaron som Weiss kalte det i tråd med det en tidligere har funnet for ionelektraller. Dette betyr at den utvidede Lea-Gray-Platzman teorien fører til andre typer av primærprodukter ved bestråling av vann enn det Samuel-Magee's teori gir.

Platzman's hypotese om «solvated electrons» ble fremsatt i 1953. På den tid hadde en ikke eksperimentelle metoder til en direkte påvisning av primærprodukter som ble dannet i vann. I de aller fleste forsøk benyttet en kjemiske metoder og studerte slutproduktene ved en bestråling. Ut fra dette kunne en få opplysning om hvilke mellomprodukter som måtte ha vært til stede.

I løpet av de siste par år har en imidlertid fått nye fysiske metoder som har brakt nytt lys inn i dette feltet. Vi skal her spesielt nevne noen eksperimenter som Boag og Hart har utført med pulsteknikk. For det andre skal vi vise resultatet av noen eksperimenter som vi har utført ved hjelp av elektron spinn resonans spektroskopি.

Pulsradiolyse av vann.

Boag og Hart kunne sende elektronpulser bestående av 1,8 MeV elektroner og med en dose på 10 k rad. Pulsen hadde en varighet på $2 \mu\text{s}$. Samtidig, eller til et hvilket som helst tidspunkt etter at bestrålingspulsen treffer løsningen, kan de sende en lyspuls med varig-

het ca. $4 \mu\text{s}$ gjennom løsningen og på denne måte ta opp oppabsorpsjonsspektret av de dannede produkter. I vann og alkaliske løsninger fant de et absorpsjonsspektrum som hadde et maksimum omkring 7000 Å. Ved å sende lyspulsen til bestemte tider etter bestrålingspulsen kunne de også bestemme levetiden for disse primærprodukter. De fant at ca. $25 \mu\text{s}$ etter at bestrålingspulsen har truffet løsningen var primærproduktene forsvunnet. De eksperimentelle resultater viste at absorpsjonsspektret var uavhengig av kation og anion og at intensiteten ble redusert ved å sette til «electron scavengers» som O_2 , CO_2 eller N_2O . Selve spektralformen er lik den en finner for «solvated electrons» i løsnigner av alkalinmetall i flytende amoniakk eller methylamin. Disse observasjoner førte til at Boag og Hart konkluderte med at de hadde funnet det primærproduktet som er en følge av Lea-Gray-Platzman teorien, nemlig «solvated electrons».

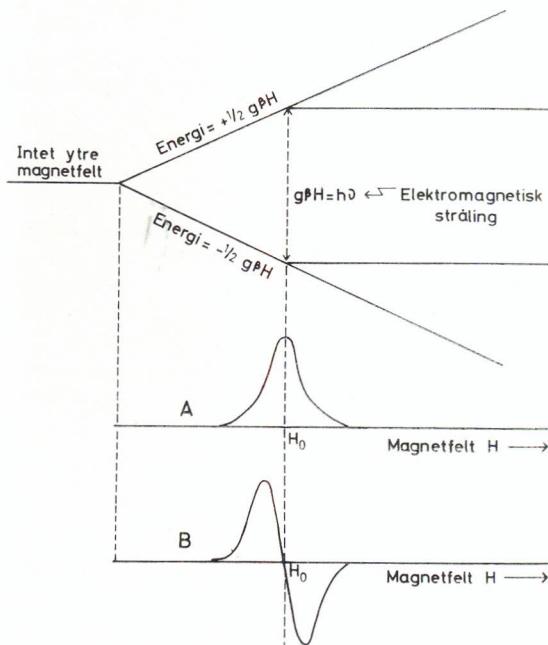


Fig. 1. Prinsippet for ESR spektroskopi. Uten ytre magnetfelt er de uparede elektronene vilkårlig orientert og har samme energi. I et ytre magnetfelt er det to orienteringsmuligheter med forskjellig energi. Energiforskjellen er direkte proporsjonal med styrken av magnetfeltet. Overganger mellom disse energinivåer kan induseres av elektromagnetisk stråling. I B er vist den kurve som vanligvis registreres. Denne er den deriverte av den egentlige absorpsjonskurven som er vist i A.

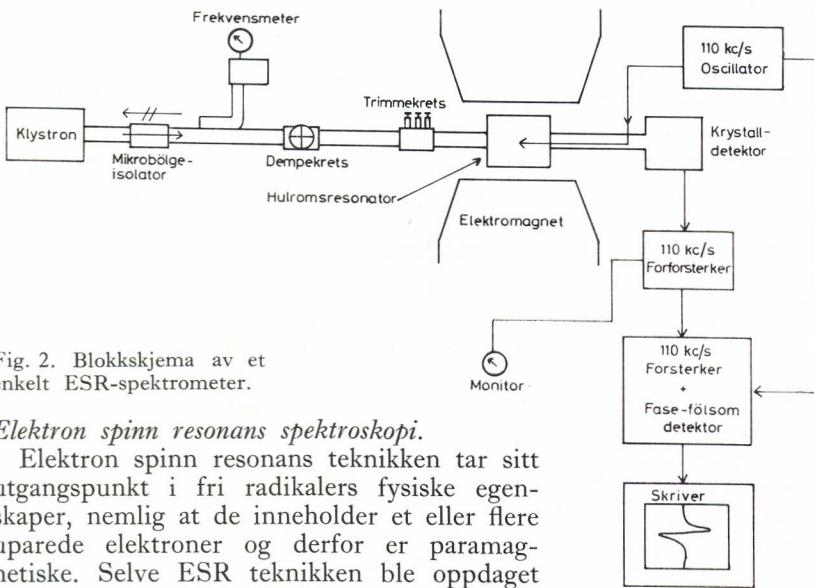


Fig. 2. Blokkskjema av et enkelt ESR-spektrometer.

Elektron spinn resonans spektroskopি.

Elektron spinn resonans teknikken tar sitt utgangspunkt i fri radikalers fysiske egenskaper, nemlig at de inneholder et eller flere uparede elektroner og derfor er paramagnetiske. Selve ESR teknikken ble oppdaget av russeren Zavoisky i 1945, og denne type spektroskopи har senere fått bred anvendelse i fysisk-kjemiske studier. Fri radikaler og andre enheter som inneholder et ukompensert elektronspinn, har et magnetisk moment $\mu = g\beta s$. Her er s elektronets spinn-kvantetall, β er Bohr's megneton, og g er den såkalte spektroskopiske spaltningsfaktor. For et fritt elektron har g den kjente verdi 2,0023. Når en prøve som inneholder uparede elektroner, plaseres i et ytre magnetfelt får vi, som vist i Fig. 1, en oppspalting i to forskjellige energinivåer svarende til elektronspinn $\pm 1/2$. Energiforskjellen er avhengig av magnetfeltets størrelse. Hvis et slikt system utsettes for elektromagnetisk stråling, vil det kunne induseres overganger mellom de to energitilstander. Betingelsen for dette er at den elektromagnetiske strålingsenergi ($h\nu$) er lik energidifferensen mellom de to tilstandene. Siden besetningen av de to energinivåer følger en Boltzmannfordeling, vil det samlede resultat være en absorpsjon av mikrobølger. Prinsipielt kan en hvilken som helst frekvens benyttes med det tilhørende magnetfeltet. De mest anvendelige spektrometre benytter seg av mikrobølger i det såkalte X-bånd i radarområdet (bølgelengde 3–3,5 cm.) For de fleste fri radikaler dannet ved bestråling fås da resonans ved en feltstyrke på 3000–3500 gauss.

I Fig. 2 er vist et blokkskjema av hovedkomponentene i en forholdsvis enkel type ESR spektrometer. Mikrobølger av en bestemt frekvens produseres ved hjelp av en

klystron og føres gjennom bølgeledersystemet inn i en hulromsresonator hvor det dannes stående bølger. Prøvene som inneholder de uparede elektronene plaseres i hulromsresonatoren som står mellom polskoene på en elektromagnet. Fra hulromsresonatoren ledes bølgene frem til en detektor som vanligvis består av en silisiumoxyd krystall. For å oppnå stor følsomhet benytter en seg gjerne av vekselstrømsteknikk. Magnetfeltet blir derfor modulert, noe som resulterer i at skriveren registrerer den deriverte av selve absorpsjonskurven (se Fig. 1).

Det uparede elektron vil, for mange radikalers vedkommende, være i en bane hvor det kan vekselvirke med atomkjerner som har kjernespin og dermed magnetisk moment. Dette vil resultere i en hyperfinstruktur ireso-

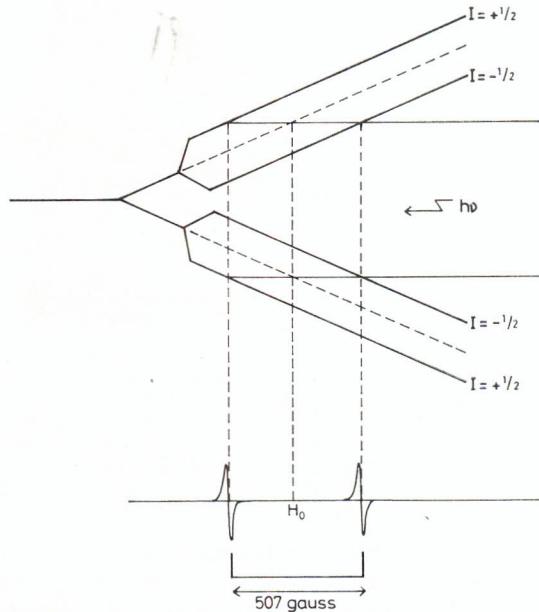


Fig. 3. Vekselvirkning mellom et uparet elektron og en kjerne med spin $I = 1/2$ fører til en oppspalting i $(2I + 1) = 2$ like store absorpsjonslinjer. For et fritt H atom er avstanden mellom linjene 507 gauss.

nansspektrene. I Fig. 3 er vist et eksempel på hvordan en kjerne med spinn $I = 1/2$ fører til oppspalting i og dannelse av to like store absorpsjonslinjer. Fermi viste i 1930 at vekselvirkningen mellom atomkjerner og elektronet i en s-tilstand førte til en Hamilton operator som kan skrives

$$(13) \quad H = \frac{8\pi}{3} g_I g \beta_I \beta \psi^2(0) \underline{I} \cdot \underline{S},$$

hvor g_I er kjernens spektroskopiske spaltningfaktor, β_I er kjernemagneton, $\psi^2(0)$ er elektronettettheten ved atomkjernen og I og S er henholdsvis kjernens og elektronets spinnoperator. Anvender vi denne operator på et hydrogenatom med elektronet i en 1 s-bane, fører dette til en oppspalting i to hyperfinstrukturlinjer med en avstand på 507 gauss.

En av de første store triumfer ESR teknikken hjemførte var da Livingston, Zeldes og Taylor ved Oak Ridge i 1955 direkte påviste stråleinduserte H atomer i konsentrerte syrer.

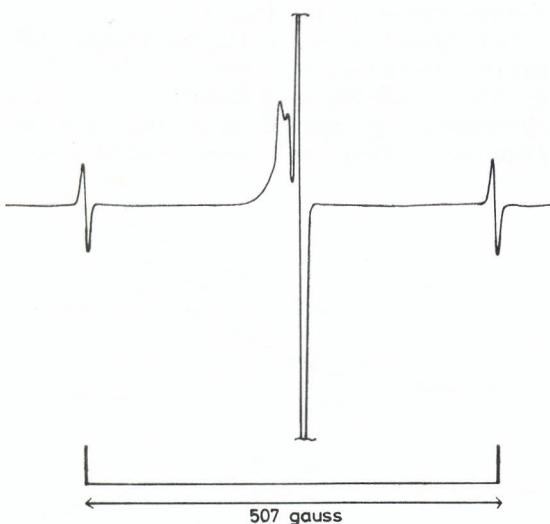


Fig. 4. Det kvalitative ESR spektret til konsentrert H_2SO_4 . Prøven ble bestrål med 220 kV røntgenstråler ved 77 °K. Dose 5×10^5 R. Spektret ble registrert ved å variere magnetfeltet med en sweep hastighet på 126 gauss/min. Selve målingen ble utført ved en temperatur på 77 °K.

Dette forsøk har vi nylig gjentatt og i Fig. 4 er vist det ESR spektrum som observeres når H_2SO_4 bestråles og måles ved flytende nitrogenets temperatur. Ser vi bort fra sentralresonansen finner vi 2 linjer med en avstand på 507 gauss, dvs. nøyaktig det som teoretisk er beregnet for frie hydrogenatomer.

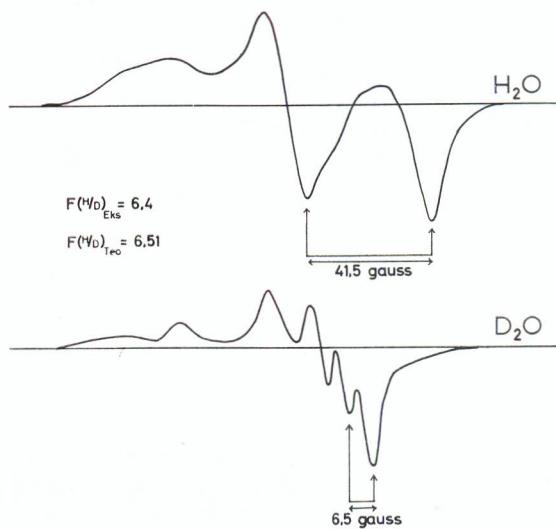


Fig. 5. ESR spektrene til henholdsvis H_2O og D_2O bestrål og målt ved 77 °K. Sweep hastighet 19 gauss/min.

I Fig. 5 er vist de resonansspektra en får når rent H_2O og D_2O er bestrål og målt ved 77 °K. Resonansspektret for vann inneholder en dobbelt med en avstand mellom de to linjer på 41,5 gauss. I D_2O får vi en tilsvarende triplett med en avstand på 6,5 gauss. Dette gir et hyperfinstruktur splittingsforhold på 6,4, noe som er meget nær det en teoretisk kan vente hvis en har radikaler hvor det uparede elektron vekselvirker med henholdsvis et proton og et døytron. Dette fører nemlig til et hyperfinstruktur splittingsforhold som kan settes til

$$(14) \quad F(\text{H}/\text{D}) = (\mu_{\text{H}}/\mu_{\text{D}}) \cdot (I_{\text{D}}/I_{\text{H}}) = 6.51 .$$

Vi kan altså slå fast at den observerte dobbelt i vann skyldes et radikal hvor det uparede elektron vekselvirker med et proton. Det eksisterer ikke så mange muligheter, og når vi kan utelukke fri vannstoffatomer som ville gitt en splitting på 507 gauss, er den beste løsning at det er OH radikaler. Denne interpretasjon støttes også av noen preliminære forsøk med énkrystaller av vann, men det endelige bevis vil ikke foreligge før man får mer avanserte énkrystallarbeider.

I resonansspektret for vann er det også en bred resonans som først og fremst gjør seg gjeldende ved lave feltverdier. Vi vet ikke om denne del av resonansen hører med til hydroksylradikalets spektrum eller, hvilket er mest sannsynlig, skyldes andre ESR enheter.

(Fortsettes)

Ballistikk og bevegelseslære på Galileis tid

J. A. Lohne

... så vidt jeg vet, har ikke noen hittil pekt på at de veilengder som et legeme i fritt fall tilbakelegger i like tidsrom, har samme forhold til hverandre som de første oddetallene.

Man har lagt merke til at kastevåpen og projektiler beskriver en eller annen slags krum linje, men ingen har pekt på at banekurven rett og slett er en parabel.

Discorsi, Tredje Dag.

Tidligere har man gjerne godtatt Galileis selvkryt, men går man hans påstander nøyne etter i sommene — og det har man gjort de siste 20–30 år — blekner unektelig hans ry som eneoppdager og grunnlegger av den nye vitenskap som vi kaller ballistik. Man har alltid hevdet at Galilei kunne forske fritt så lenge han oppholdt seg i republikken Venedig. Hva man ikke alltid har visst, var at Venedigs boktrykkere lenge før Galilei hadde utgitt avhandlinger om kinematiske størrelser som jevn hastighet og jevnt økende hastighet. Disse nå så alment kjente begrep hadde fått sitt presise innhold på 13-hundretallet av menn som Heytesbury og Swineshead med flere, og de var blitt utdypet av Oresme, Buridan og andre. Tartaglia hadde med sin *Nova Scientia* (1537) innledet en hel litteratur om artillerikunst, den vitenskap hvor en bl. a. søker å finne et projektils bane og rekkevidde som funksjon av kanonens elevasjonsvinkel. Spekulasjonene over bevegelse og fritt fall ble tatt opp igjen med fornyet intensitet i begynnelsen av det 17. århundre og ført undertiden ganske langt, noe som ble særlig klart for oss etter at man i 1905 fant den nederlandske rektor Beeckmans dagbok. Isaac Beeckman (1588–1637) fremsatte en treghetslov som mekanisk grunnprinsipp. I sin dagbok gjengen han sine samtaler med den unge René Descartes, som åpenbart lærte meget fysikk av hollenderen, selv om han i sine trykte skrifter unnlot å nevne sin lærermester. I Britisk Museum oppbevares de vitenskapelige journaler av engelskmannen Thomas Harriot (1560–1621), hvis undersøkelser i ballistik og bevegelseslære rangerer meget høyt, såvel eksperimentelt som teoretisk. I

Cand. real. J. A. Lohne er lektor ved Flekkefjord komm. høgre almenskole.

motsetning til Galilei la Harriot ikke skjul på at han bygget på resultater som var oppnådd av Mertonskolen i Oxford, hvor bevegelse ikke lenger ble beskrevet med lite presise adjektiver som «langsom», «fort», «langsommere» og «fortere», men med klare begreper som «gradus velocitatis» (øyeblikkelig hastighet) og «motus uniformiter difformis» (jevnt akselerert bevegelse). Meget anskuelig ble så disse framstillet ved Oresmes grafer, som bl. a. viser at den veilengde et legeme tilbakelegger, kan måles ved arealet under hastighetskurven, såfremt denne er tegnet med tiden som argument. De nye klare definisjoner fremmet fruktbar teoretisering og ble grunnlag for tallmessig behandling av bevegelser, fordi hastighet og akselerasjon nå var blitt størrelser som i alle fall indirekte kunne måles. Det er ikke lett for et moderne menneske å fatte de hensiktsmessige vansker en måtte overvinne for å nå et slikt resultat.

Når et utstrakt legemes bevegelse ikke var enkelt translatorisk eller roterende, men mer komplisert, hadde det tidligere som regel vært umulig å beskrive dets forflytning eksakt. Abstraksjoner som «materielt punkt» og «momentan hastighet» måtte først lages, og selv om tidsenheten «sekund» var kjent, hadde datidens ur ikke sekundvisere. Filosofene var lite fortrolige med denne lille tidsenhet og uttrykte seg heller ved hjelp av *hora* (time) også for meget kortvarige bevegelser som fritt fall fra lav høyde.

Med de nye hensiktsmessige begreper kunne en finne kvantitative bevegelseslover. Særlig viktig var Heytesbury-Oresmes lov

$$s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1 : 3 : 5 : \dots,$$

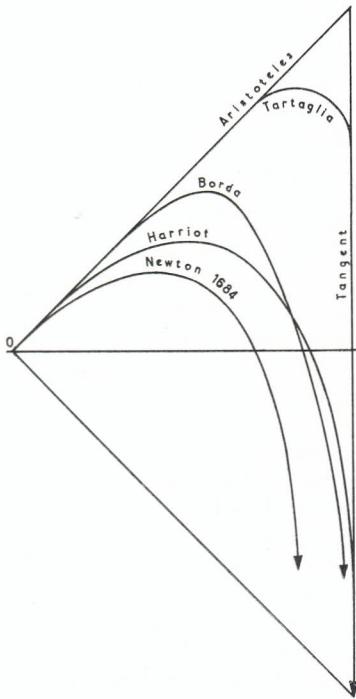
hvor s_1 er den veilengde som tilbakelegges i første tidsenhet siden starten, s_2 veilengden i annen tidsenhet osv. Av denne lov utledet man så den kvadratiske avstandslov

$$S_t = k \cdot t^2,$$

hvor S_t er den totale veilengde $\sum s_i$ som er tilbakelagt etter t sekund. Selvsagt ble loven ikke formulert i det bokstavspråk som faller

naturlig for oss, for utviklingen av et algebraisk tegnspråk tok først for alvor til i begynnelsen av 16-hundretallet.

For riktig å vurdere de fremskritt som da ble gjort i bevegelseslæren, må en også huske at loven om bevegelsenes sammensetning ikke var alment godtatt i sin nåværende form. Riktignok bruktes loven alt av oldtidens astronomer når det gjaldt sirkelbevegelser, og tidlig spores tilløp til bruk av bevegelsenes rektangel. Men bevegelsens komponenter ble som regel ikke betraktet som likeverdige. Arabernes største fysiker Ibn-al-Haitham (ca. år 1000) regnet således med vertikale bevegelser som var «naturlige» og skrå som var desto mer «tvungne» jo mer horisontale de var.



En sammenstilling av kastekurver (se figuren) vil gi et hurtig overblikk over utviklingen fra Aristoteles' «tvungne» bevegelseskurve og inntil Newtons kastekurve av 1684 (for et resistant medium). Hos Aristoteles opptrer et ballistisk «triangel» med en tvungen bevegelse langs den skrått oppstigende gren. Når denne skrå bevegelse ikke lenger kunne motstå den naturlige bevegelse mot jordens sentrum, mente Aristoteles at steinen falt loddrett ned. La oss huske at en bevegelse i et *vakuum* syntes absurd for de ekte aristotelikere. De kunne bare godta bevegelse i et *medium*, fordi de oppfattet be-

vegelse som en prosess ikke bare *i*, men også *av*, dvs. *betinget av*, mediet. Når en skyver en bred pram ut fra brygga, forflyttes også det omgivende vann, idet det skyves vekk foran prammen og strømmer til bakfra. Det var ingen absurd forestilling å tro at det omgivende medium overtok som drivende årsak når hånden ikke skjøv lenger, og omtrent slik var de gammels forestilling om luftens rolle under kast. I det tolvte århundre kom den store bølge av oversettelser fra gresk og arabisk til latin og gjorde også de aristoteliske tanker utbredt i Vest-Europa. Hva angår senmiddelalderens meget omtalte «impetus»-teori, lar vi den ligge her, da begrepet «impetus» aldri ble så veldefinert at det som *størrelse* kunne bli gjenstand for eksperimentelle målinger.

Med utviklingen av skytevåpen fikk læren om bevegelse og kast militær betydning. Blant dem som skrev om artillerikunst etter Tartaglia vil vi nevne Thomas og Leonard Digges. Alt Tartaglia hadde endret litt på det ballistiske triangel av Aristoteles, idet han lot projektillet beskrive en sirkelbue for det begynte sitt loddrette fall. Tartaglia hadde også vært inne på den tanke at den oppstigende gren var svakt krummet nedover alt fra begynnelsen av. Digges stilte så i sin *Stratioticos* (1590) en rekke spørsmål som måtte besvares av matematikerne dersom de ville gjøre ballistikken til en eksakt vitenskap. Vi gjengir noen av spørsmålene:

8. Ender kulen sin bane langs en *rett* linje på samme måte som den begynte med en *rett* linje?
10. Er vinkelen (banens vinkel med horisontalplanet) ved slutten av bevegelsen den samme som ved begynnelsen?
11. Er den øvre del av kulebanen virkelig en sirkelbue, slik Tartaglia antar?
12. Er den ikke heller et kjeglesnitt og forskjellig i de forskjellige projektilbaner?
13. Mon ikke kulebanen for alle slag skytevåpen er parabolsk over det hele når skytset er innstillet på størst rekkevidde?
14. Hvis en så betrakter mindre elevasjonsvinkler enn den som gir størst rekkevidde, er ikke den buen Tartaglia anså for en sirkel, i virkeligheten en ellipse?
15. Og er ikke den nevnte kurven for større elevasjonsvinkler en hyperbel?
20. Men kanskje parabelen er den riktige kurven, ikke når banen har størst rekkevidde, men når elevasjonsvinkelen er 45 grader?

I slutten av det 16. århundre ble John Dee og den unge Thomas Harriot regnet ved siden av Digges som nasjonens førende matematikere. Harriot kom i tjeneste hos Sir Walter Raleigh og seinere hos hertugen av

Northumberland, begge menn som var levende interessert i befestnings- og artillerikunst. Hva var da mer naturlig enn at Harriot på dette område fortsatte de undersøkelser som Digges og andre hadde drevet? Harriot foretok eksperimentelle målinger såvel av fritt fall som av fall i resistente medier. La oss bare nevne hans metode til å finne første sekunds fallstrekning: Fra en høyde på $55\frac{1}{2}$ fot ble tyve kuler sloppet etter hverandre slik at hver kule startet akkurat idet den foregående kule nådde jorda. Harriot talte pulsslagnene inntil den tyvende kule nådde jorda og fant en gjennomsnittlig falltid på mellom to og tre pulsslag (eller nøyere mellom 2 og $2\frac{1}{2}$ sekund)*. En beregning etter den kvadratiske fallov skulle da gi et fall på mellom 8,9 og 13,9 fot i det første sekund. Selv om Harriot seinere brukte større fallhøyder enn $55\frac{1}{2}$ fot og fant riktigere verdier, var dog hans bestemmelse av $\frac{1}{2} g$ skral sett med moderne øyne. Dog var det først i 1651 at det lyktes å oppnå en bedre verdi, idet Riccioli fant at fallstrekningen i første sekund var 15 fot. Harriot undersøkte luftens innvirkning på fallet ved at han slapp en kule av mindre spesifikk vekt samtidig med blykula og iakttok hvor mange fot den lette kula var blitt etter når blykula slo mot jorda.

Vi betrakter nå atter vårt diagram hvor vi ser at Harriots kastekurve er en parabel med skeiv akse. Han tenkte seg nemlig en konstant akselerasjon vertikalt nedover samtidig med en konstant retardasjon i utskytningsretningen. Siste del av hans kastekurve ville dog ikke bli parabolsk, men få en sluttfase vertikalt nedover, dersom kula ikke alt før var sloppet mot underlaget.

Trehetsloven lyder i Harriots formulering:

Jeg sier at det er på grunn av kulens tyngde at dens bane krummer seg nedover. Uten tyngde ville bevegelsen være rettlinjet, og hvis luftmotstanden også ble fjernet, ville den fortsette å bevege seg videre i det uendelige.

Br. Mus. Ms. Add 6789.

Vi sammenligner med Beeckmans formulering:

Hver ting som engang er satt i bevegelse, vil aldri stoppe uten på grunn av en ytre hindring. Jo svakere hindringen er, desto lengre vil den bevege

* Hvis noen av leserne forsøker å bestemme tyngdens akselerasjon etter Harriots metode, ville jeg gjerne bli underrettet om målingsresultatene. En av mine gymasklasser som forsøkte seg, fikk forbausende gode verdier.

J. A. L.

seg. Det som engang er i bevegelse i vakuum, vil stadig fortsette i sin bevegelse, enten denne foregikk langs en rettlinjet eller langs en sirkulær bane.

Beeckmans dagbok.

Om Beckmans trehetslov kan vi altså si det samme som Einstein sa om Galileis:

Troen på en sirkulær bevegelse som den naturgivne spører man enda tydelig hos Galilei. Dette har vel hindret ham i helt å anerkjenne trehetsprinsippet og dets fundamentale betydning.

Fremdeles strides fysikkhistorikerne om hvem som først formulerte en korrekt trehetslov. Men det ser ut til at det enten var Descartes eller Gassendi som først fremkom med en slik lov på trykk.

Skjønt Mertonskolen klarla begrepet jevn akselerasjon som en med *tiden* jevnt økende hastighet, hersket dog langt inn i sekstenhundretallet svære tvil om det frie fall. Hadde man her en med *tiden* eller en med *veilengden* jevnt økende hastighet? Hverken Galilei eller Harriot unngikk å tvile, selv om begge til slutt kom fram til riktig oppfatning.

Hva så med kastekurven i et vakuum? At det blir en parabel med loddrett akse, synes alt Harriot å ha forstått (Ms. Add 6789, f 67), men man måtte vente helt til 1632 før noen hevdet dette på trykk, nemlig Cavalieri i *Lo Specchio Ustorio*. Litt tidligere samme år hadde Galilei i sine *Dialoghi* kastet ut en bisarr idé om fritt fall på en roterende jord: La oss tenke oss en stein sloppet fra et tårn over ekvator. På seks timer vil *tårnspissen* beskrive en kvartsirkel i sin absolutte bevegelse, mens *steinens* absolute bevegelse ifølge Galilei ville foregå langs en halvsirkel med endepunkt i jordens midte. Etter denne hypotese blir nok steinen til å begynne med jevnt akselerert i forhold til jorda, men så langsomt at Galilei neppe kan ha kontrollert sitt forslag ved å regne ut fallhøyden i første sekund. I Dialogene agiterer Galilei for å oppfatte flest mulig av de kjente bevegelser som jevne sirkelbevegelser. Planetene i sine baner, alle legemer i sin trehetsbevegelse og den fallende stein i sin absolute bevegelse, alt skulle ifølge Galileis *Dialoghi* være jevne sirkelbevegelser.

I *Discorsi* (1638) er det en annen kurve Galilei agiterer for, parabelen, ikke bare når det tales om bevegelse i et vakuum, men også i luft:

Hva angår de projektiler en bruker ... kastet med en slyng eller skutt ut med et armborst, er avviket fra en eksakt parabolsk bane helt umerkelig.

Galilei begrunner denne besynderlige påstand med noen fallforsøk hvor det angivelig viste seg at lette ting falt praktisk talt like fort som tunge, også i luft. Det er meget å innvende mot eksperimentene i *Discorsi*, hvor mangelen på direkte eksperimentelt målte tall er meget påfallende. Men en må beundre enkelte av Galileis tankeeksperiment, således når han motbeviser sin tidligere antakelse om at fallhastigheten skulle vokse jevnt med vei lengden. Denne idé er logisk uforenlig med at starthastigheten skal være null. Der var dog på hans tid mange som mente at steinen alt i det øyeblikk den ble sluppet, fikk en viss begynnelseshastighet.

Skjønt flere samtidige og spesielt Descartes hadde meget å innvende mot Galileis to berømte bøker, fikk disse likevel stor betydning for ettertida, idet de ble en inspirasjonskilde for den kommende generasjon av fysikere, når de skulle studere bevegelser som ikke ble hindret av noe medium, først og fremst planetbevegelsene. Vi skal imidlertid holde

oss til kastekurvene i luft. Den unge Newtons skarpeste rival, skotten James Gregory, foreslo i 1672 en skeiv parabel som banekurve, altså den samme som Harriot. I avhandlingen *De Motu* (1684) undersøkte Newton hvilken kastekurve en ville få dersom luftmotstanden var proporsjonal med projektilets hastighet. I *Principia* (1687) forsøkte han derimot, uten å nå et endelig resultat, å finne den kastekurve som en luftmotstand proporsjonal med avstandens kvadrat ville gi. De vanskelige matematiske problemer dette innebærer, ble løst av Newtons yngre samtidige Johann Bernoulli, men selv denne kastekurve kan avvike meget fra den virkelige.

Litteratur :

- A. R. Hall : Ballistics in the Seventeenth Century, Cambridge, 1952.
H. J. Tallquist : Översikt av Ballistikens Historia, Helsingfors, 1931.
Nicole Oresme : Quæstiones super Geometriam Euclidis. Utgitt og gjengitt på engelsk av H. L. L. Busard, Leiden, 1961.

Direkte kjernreaksjoner og atomkjernenes struktur

Del 2

Trygve Holtebekk

Sammenhengen mellom de optiske parametre og kjernens indre struktur er et interessant problem i forbindelse med forståelsen av nukleon-nukleon vekselvirkningen, men har ikke noen videre sammenheng med vårt emne. Det vi er interessert i, er til hvilken grad bevegelsen av partiklene utenfor kjernen kan beskrives ved de samme optiske parametre når en har reaksjoner som ved elastisk spredning.

Prinsipielt sett byr det på få vanskeligheter å innføre det optiske potensialet i modellen for direkte vekselvirkninger. Regneteknisk stilles en derimot overfor et forholdsvis komplisert problem, idet virkningstverrsnittet bare kan finnes ved vidloftige numeriske integrasjoner. Det viser seg at en, hvis de optiske potensialene velges på gunstig måte, kan få en meget god tilpasning mellom beregnede og eksperimentelt funne vinkelfordelingskurver. De optiske potensialene en finner ved tilpasning til en stripping prosess blir imidlertid beklageligvis ikke akkurat de samme som

dem en finner ved elastisk spredning mot samme kjerne. Og en må spørre om de informasjoner en får etter å ha tilpasset et større antall parametre, virkelig gir nyttige informasjoner, eller om det gode samsvar mellom teori og eksperiment ikke har noen dypere mening, altså om en etter å ha tilpasset parametrene for den fri bevegelsen virkelig får opplysninger om den bundne tilstanden. Tar en dessuten i betraktning det store regnearbeid det representerer, selv med hurtige elektroniske regnemaskiner, å foreta en tilpasning av de optiske parametrene, blir det et vurderings-spørsmål om tilleggsopplysningene en på denne måte får, står i forhold til omkostningene.

Vi skal se et par eksempler på hvorledes de observerte vinkelfordelinger og de teoretisk beregnede kurver tar seg ut. Fig. 3 viser en (d , p) stripping reaksjon der bombarderingsenergien er meget liten og deuteronet og protonet derfor påvirkes sterkt av kjernens coulombfelt. Det er ingen overraskelse at plan-bølge approksimasjonen gir et dårlig resultat. Å anta andre l -verdier for neutronet ville bare skjøvet toppen utover, men overensstemmelsen ville ikke blitt bedre. Tar en hensyn til coulombkraftene forandres kurvens form, men fremdeles er ikke samsvaret særlig bra. Først når også kjernefeltet trekkes inn i bildet kan en si at samsvaret er noenlunde tilfredsstillende.

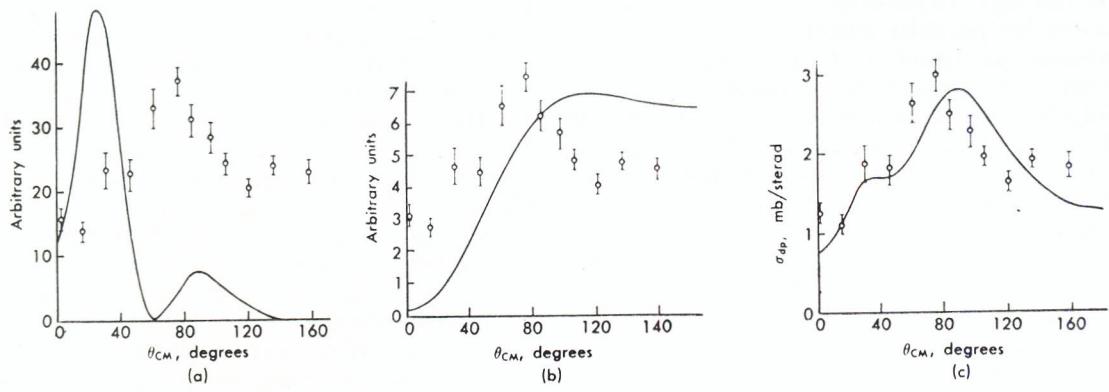


Fig. 3. Eksperimentell og teoretiske vinkelfordelinger for $^{48}\text{Ti}(\text{d}, \text{p})^{49}\text{Ti}$ reaksjonen med 2,6 MeV deuteron energi. (a) plan-bølge Born approksimasjon, (b) inkludert forstyrrelsen p. g. a. Coulombfeltet, (c) inkludert forstyrrelsen p. g. a. Coulomb- og kjernefeltet. (fra ref. 4).

Fig. 4 er et typisk eksempel på at planbølge approksimasjonen ikke gir noen entydig bestemmelse av l -verdiene for neutronet. Bare ved å anta en usannsynlig liten eller stor verdi for kjerneradien får en et slags samsvar. Tar en hensyn til kjernefeltets virkning, er tvilen om hvilken l -verdi en har å gjøre med, utelukket. I tillegg kommer at det beregnede differensielle virkningstversnitt omkring maksimum er omrent 50 ganger så stort ved planbølge approksimasjonen som når en nyttet en forstyrret bølge, og at den siste verdien gir et rimelig samsvar med den målte.

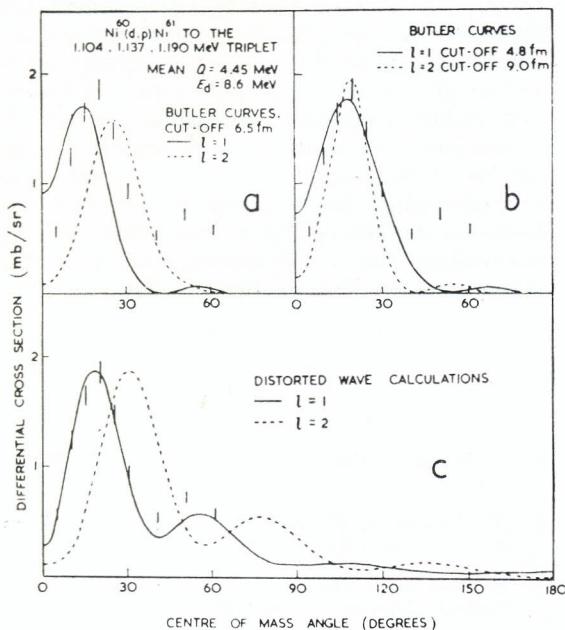


Fig. 4. Eksperimentell og teoretiske vinkelfordelinger for $^{60}\text{Ni}(\text{d}, \text{p})^{61}\text{Ni}$ reaksjonen. (fra ref. 5).

En annen viktig, eksperimentelt påvist effekt, polarisasjon av de utgående partikler får også sin forklaring hvis, og bare hvis, vekselvirkningen mellom de ubunne partikler og kjernen tas med i bildet. Også dette kan anskueliggjøres med et liknende semi-klassisk bilde som det vi har nyttet tidligere (fig. 5).

Vi betrakter som før et deuteron som kommer inn og et proton som går ut med velfinerte impulser, og vet at neutronet ble absorbert av kjernen med en bestemt impuls og et bestemt angulært moment. Det gis da muligheter for stedet for innfangning. Enten må de ha foregått på lys- eller skyggesiden sett fra protonet. Foregår det på lys-siden, blir det angulære moment rettet innover, mens det blir rettet utover om innfangningen foregår på skyggesiden.

Vi antar nå at neutronets banespinn og egenspinn koples sammen på en bestemt måte i kjernen. Dette er den vanlige antagelsen om $j-j$ kopling i kjernen. La oss, som eksempel, anta at banespinn og egenspinn er parallelle.

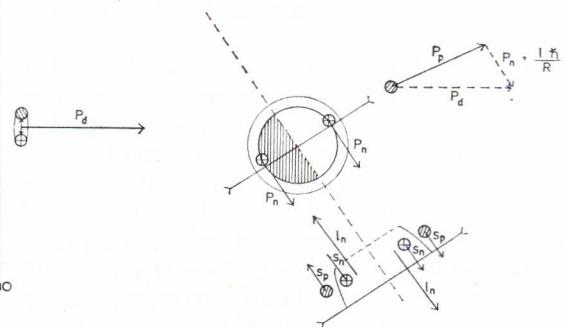


Fig. 5. Semi-klassisk bilde for å forklare polarisasjon ved stripping-reaksjoner.

Da blir også neutronets egenspinn, s_n , rettet utover for partikler absorbert på skyggesiden, innover på lyssiden. I deuteronet er protonets og neutronets egenspinn parallelle. Følgelig vil et proton som er frigjort, på skyggesiden ha spinn utover, mens det, hvis det er frigjort fra lyssiden har spinnet rettet innover. Hvis deuteronet ikke påvirkes av kjernefeltet, vil neutronene like ofte fanges inn på begge sider og resultatet blir at like mange protoner kommer ut med spinn utover som innover, hvilket betyr at protonene er upolarisert. Hvis nå protonene blir påvirket av kjernefeltet etter de er frigjort, blir forholdet annerledes. Protonene som er frigjort på skyggesiden vil da bevege seg forholdsvis lenge i kjernefeltet, de vil da ha en større sjanse for å reagere igjen med kjernen og bli borte fra den opprinnelige bevegelsesretning. Resultatet blir at en observerer et større antall av de protonene som er produsert på lyssiden, altså med spinn innover, enn av dem med spinn utover, og en sier da at strålen er polarisert.

Dette resonnement er ikke ment å være uttømmende. En har f. eks. ikke tatt hensyn til vekselvirkningen mellom deuteronet og kjernen, en effekt som virker motsatt av den her skisserte med hensyn til polarisasjonsretning, slik at en ikke kan si noe sikkert om hvilken polarisasjonsretning en skal vente, ut fra de klassiske betraktingene. Men det vesentlige, at vekselvirkningene mellom de ubunne partiklene og kjernen kan bevirke polarisasjon og at polarisasjonsretningen er avhengig av om egenspinn og banespinn til den innfangede partikkel er parallelle eller antiparalleller, viser seg å holde stikk også ved kvantemekaniske beregninger. Dessverre er polarisasjonsmålinger så vanskelige å gjennomføre med noen større nøyaktigheter, at de sjeldent gir vesentlige opplysninger om f. eks. til hvilken grad en bestemt kopling mellom l og s er tilstede i en kjerne.

Selv om jeg her vesentlig har behandlet stripping-reaksjoner, kan betraktingene lett modifiseres for de andre typer av direkte reaksjoner. Den mest egnede matematiske behandlingsmåte, herunder innbefattet hvilke approksimasjonsmetoder en bør nytte, vil variere fra reaksjonstype til reaksjonstype.

Storparten av de eksperimentelle arbeider som hittil er gjort innefor dette området, er utført ved forholdsvis lave energier, < 20 MeV, dvs. i et område hvor partiklenes bølgelengde er av samme størrelsesorden som kjernen.

Partiklene kan da ikke bevege seg inne i kjernen uten at compound-kjernen dannes, og de direkte reaksjoner vil finne sted på kjernens overflate, dvs. med de løseste bunne partiklene. I høyenergiområdet — energier på noen få 100 MeV — vil partiklenes bølgelengde bli kort sammenliknet med kjerneradien. Projektilet beveger seg da forholdsvis fritt også inne i kjernen og også de fastere bundne partiklene kan frigjøres ved en direkte reaksjon. Knock-out reaksjoner i dette området, spesielt ($p,2p$) reaksjoner, er av meget stor interesse fordi en fra disse kan få opplysninger om tilstanden til de indre, det vil si de fastere bundne partiklene; f. eks. om hvorvidt skallmodell beskrivelsen bare er egnet for å forklare bevegelsen av en løst bundet partikkel, eller om det er noen grunn til å anta at partiklene er ordnet i enkelpartikkelbaner inneover i kjernen.

Vår behandling av direkte reaksjoner har i det foregående vært begrenset til å omfatte reaksjoner mellom nukleoner eller nukleon-systemer. Liknende betraktningsmåter kan også anvendes på vekselvirkningen mellom nukleoner og andre elementærpartikler, f. eks. myoner og elektroner, reaksjonstyper som kan gi en verdifull supplering til de direkte nukleon-nukleon reaksjonene.

Det kan, ut fra det som nå er sagt, se ut som at det bare er ved å studere de *direkte* reaksjonene en kan vente å få opplysninger om kjernenes oppbygging. Dette er på ingen måte tilfelle. De forskjellige måter å studere reaksjoner på: ved compound-kjerne dannelse, ved elektro-magnetisk eksitasjon, og ved β - γ -emisjon, gir sammen med studiet av de direkte reaksjonene de informasjonene som er nødvendige for å danne seg et bilde av kjernens statiske og dynamiske natur og for å kontrollere om de forestillingene eller beskrivelsene en har, er tilstrekkelige.

-
- [1] S. T. Butler : Proc. Roy. Soc. (London) A 208, 559 (1951).
 - [2] N. Austern, S. T. Butler and H. McManus : Phys. Rev. 92, 350 (1953).
 - [3] W. Tobocman : Theory of Direct Nuclear Reactions, Oxford University Press (1961).
 - [4] W. Tobocman : Phys. Rev. 115, 98 (1959).
 - [5] H. O. Scott : Nuclear Physics 27, 490 (1961).

EIN STØYTDEMONSTRASJON MED TO BALLAR

Nils Skogen

Denne enkle demonstrasjonen med tilhøyrande rekneoppgåve kan truleg høve i gymnaset.

Alt som trengst til demonstrasjonen er to ballar, ein tung og ein lett (massar M og m).

Fyrst prøver vi spretten i ballane med å sleppe dei i golvet kvar for seg og sjå kor høgt dei sprett.

Deretter sjølv demonstrasjonen: Dei to ballane blir sleppte samstundes slik at den lette ballen er beint over den tunge, anten heilt innat han eller skilt frå han med eit lite mellomrom. Når den tunge ballen støyter mot golvet, har han framleis den lette ballen over seg og dei to ballane har same fart. Den tunge ballen sprett ikkje så høgt no som da han blir sleppt åleine; den lette ballen, derimot, sprett mykje høgre enn før: ei stigehøgd på 3–4 gonger fallhøgda er vanleg.

Det interessante med demonstrasjonen er at stigehøgda er so stor.

Rekneoppgåva er å finne stigehøgda. Skal det ikkje bli for vanskeleg, lyt vi gjera to-tre føresetnader:

a) Støytprosessen går for seg som to ser skilde støytar: Støyt nr. 1 er mellom den tunge ballen og golvet, støyt nr. 2 er mellom ballane. Denne føresetnaden kan ein alltid få oppfyllt med å ha stort nok mellomrom mellom ballane når dei blir sleppte.

(Gjer ein demonstrasjonen på frihand kan det vera vanskeleg å få bein støyt om det er mellomrom mellom ballane. Det er lettare om ballane ligg heilt innat kvarandre. For sume ball-par blir stigehøgda tydeleg mindre då. Men det er mange ballar som passer saman såleis at stigehøgda synest bli den same, anten det er mellomrom eller ikkje. Det løner seg å velja slike ball-par til demonstrasjonen.)

b) Båe støytane kan reknast som heilt elastiske støytar mellom massepunkt.

c) Den eine ballen er mange gonger så tung som den andre ($M/m = n \gg 1$).

Så går vi over til utrekninga:

Støyt nr. 1: Den tunge ballen støyter mot golvet med fart v og sprett opp att med same fart.

Støyt nr. 2: Den lette ballen er på nedveg med fart v så ballane møtest med relativfart $2v$. Etter støyten sprett dei frå kvarandre med same

relativfart. Etter fyresetnad c) har den tunge ballen same fart etter støyt nr. 2 som før: Han er framleis på oppveg med fart v . Den lette ballen får soleis ein fart v' som er summen av farten til den tunge ballen og relativfarten mellom ballane: $v' = v + 2v = 3v$. Siden stigehøgda er $v'^2/2g$ og fallhøgda $v^2/2g$ blir stigehøgda $(v'/v)^2 = 9$ gonger fallhøgda.

Føresetnadene b) og c) fører både til ei større stigehøgd enn den verkelege, så svaret vårt er ei øvre grense. Let vi føresetnad c) falle og reknar med eit endeleg høve mellom massane, får vi ei stigehøgd som er $(3n - 1)^2/(n + 1)^2$ gonger fallhøgda.

Bøker

NIELS BOHR, Et Mindeskrift
Fysisk Tidsskrift, Kjøbenhavn 1963.

Efter Niels Bohrs død 18. 11. 1962 har en mengde stof om ham blitt skrevet ned. En stor del forelå allerede ved konferansen som blev holdt til atomteoriens 50-års jubileum i København i Juli 1963. Et av disse aktstykker er det bind som Fysisk Tidsskrift har gitt ut med bidrag av mange av Bohrs medarbeidere. Artiklene handler dels om fysiske problemer som Heisenbergs: «Bohrs Interpretation der Quantentheorie und die Physik der Elementarteilchen». Andre bringer mera personlig og biografisk stof som Møller: «Nogle erindringer fra Livet på Bohrs Institut». Blant forfatterne er nogen av medarbeiderne helt tilbake fra den første tid som Klein og Hevesy, mange fra mellemperioden og nogen helt fra de siste år. Nogen er experimentalphysikere, i overensstemmelse med det noe samarbeide mellom teori og experiment som Niels Bohr realiserte i sin krets. Det er i alt 13 slike artikler, svært forskjellige, men alle uhyre interessante. Dertil kommer en liste over Bohrs publiserte arbeider og et optryk av Niels Bohrs foredrag: «Om Brintspektret» i Fysisk Forening den 20. December 1913. Der la han for første gang frem sin atomteori i en større krets i hjemlandet. Foredraget blev trykt i 12. årgang av Fysisk Tidsskrift 1914, som så mange andre av de store foredrag som Niels Bohr holdt i Fysisk Forening. Det var viktig for ham å holde sin nærmeste krets, og

såvel de innviede fysikere som de unge studenter a jour med utviklingen. Opprykket av den nevnte artikkelen fra Fysisk Tidsskrift for 50 år siden danner derfor en høvelig avslutning på dette rikholdige minneskrift.

H. W.

Donald G. Fink og David M. Lutyens: Fjernsynets fysikk. Oversatt av Nils Mathisen. Cappelens Realbøker, 1963.

Den danske utgaven av denne boken ble anmeldt i hefte 3/1963. Oversetteren har her funnet fram til et lett og ubesværet norsk, det er satt inn norske påskrifter i figurene, og såvel innholdsfortegnelsen som stikkordregisteret er blitt fyldigere.

H. Torgersen.

J. M. Carroll: Tunnel-Diode and Semiconductor Circuits. McGraw-Hill, New York, London, 1963, 76 sh., X + 405 s.

Boken er et samleverk hvor de fleste av de 123 artiklene er hentet fra forlagets kjente tidsskrift Electronics. De er ordnet i 18 kapitler. Dette gir oversikten, og et omfattende stikkordregister gjør det lett for leseren å finne frem til de enkelte emner. Tunnel-diodes teori og anvendelser tar opp 7 av kapittlene; komponenter og anvendelser som baserer seg på Hall-effekt, Peltier-effekt o. s. v. har fått hvert sitt; videre er flere skikt dioder, stykte silisiumlikeettere (SCR), parametriske forsterkere o. s. v. tildelt hvert sitt kapitel.

I den senere tiden har utviklingen på halvlederområdet gått rivede fort, og det blir derfor helst tidsskriftartikler man må søke til når man vil sette seg inn i virkemåte og anvendelser for de tallrike nye produktene. Det er derfor et prisverdig tiltak som er gjort når sjefredaktør Carroll i Electronics har samlet i boks form de artiklene som har vært publisert der. Han har med hensikt holdt seg til virkemåten og anvendelser av halvledere utenom transistoren, da etter hans mening denne er godt nok dekket av det store antall bøker som er kommet i det siste ti-året. — I en slik samling av separate artikler er det dessverre ikke til å undgå at stoffet blir mere usammenhengende enn om boken var blitt til under en hånd, og fra tid til annen kunde kanskje en sammenbindende tekst være ønskelig. Ved at Carroll bare har holdt seg til det ene tidsskriftet, kan det kanskje ha blitt litt få og stundom nokså spesielle artikler å velge mellom, men til tross for dette må man si at utvalget dekker godt de fysiske effekter, fenomener og de nyskapninger som boken er ment å skulle omfatte.

Bokens trykk og utstyr er av forlagets kjente, høye standard, og den kan godt anbefales som oppslags-, lære- og håndbok for dem som ønsker å skaffe seg en oversikt over det nevnte stoffet.

H. Torgersen.

Robert R. Wilson og Raphael Littauer: «Cyclotronen og andre Acceleratorer» («Accelerators. Machines of Nuclear Physics»). På dansk ved N. Ø. Ullman. Gyldendals Kvantebøger, Gyldendal, København 1962. (171 sider, hf. D. kr. 9.75).

En gruppe amerikanske vitenskapsmenn og pedagoger har gjennom den såkalte «Physical Science Study Committee» arbeidet for å stimulere interessen for, og forståelsen av fysikken. Som et ledd i dette arbeidet har komiteen sendt ut noen mindre bøker til selvstudium og til supplering av fysikkundervisningen. Dansk Gyldendal har utgitt en del av disse bøker i dansk oversettelse under betegnelsen Gyldendals Kvantebøger, og med en redaksjonskomite som, ved siden av avdøde Niels Bohr har bestått av H. Høgaard Jensen, Aage Petersen og Søren Sikjær.

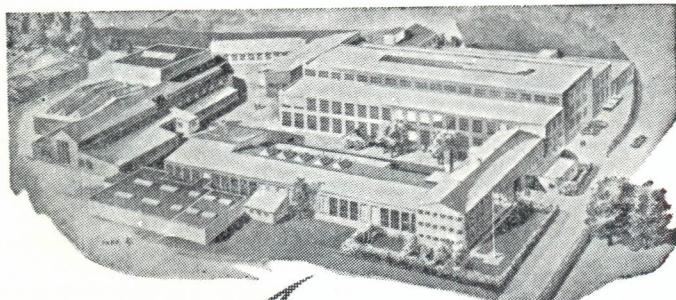
Den foreliggende bok er en populær beskrivelse av de store kjernefysiske akseleratorers virkemåte og tilblivelse. Forfatterne arbeider med akseleratorer ved Cornell University, og en av dem, professor R. R. Wilson var med allerede i E. O. Lawrences første cyklotronlaboratorium i Berkeley i 1930-årene. Boken tillegger derfor cyclotronen en sentral plass i utviklingen av akseleratorer og gir et levende bilde av den spirit, «berkeleytis», som de store amerikanske akseleratorpionerer hadde. Det har lykkes forfatterne å gi en historisk utvikling ved siden av de fysiske beskrivelser. Av særlig interesse kan nevnes at R. Wideroes oppdagelse av lineærakseleratorens prinsipp tillegges stor vekt og det antydes at dette ga Lawrence den direkte inspirasjon til cyclotronen.

Bokens innledende kapitler behandler nødvendigheten av spredningseksperimenter ved høye energier for kjernefysiske studier. Deretter beskrives i tur og orden direkte akseleratorer, lineærakseleratorene, cyklotronen, betatronen, elektronsynkrotronen, synkro-cyklotronen og de store proton-synkrotroner. Til slutt nevnes de siste års ideer, FFAG, Spiral-Ridge og da særlig akseleratorer med oppsamlingsringer og eksperimenter med sammenstøtende stråler. Hele spektret av akseleratorer er derfor vel dekket, og framstillingen er tilstrekkelig detaljert til at man får med vesentlige detaljer som fasestabilitet og banestabilitet. Prinsippet for sterk fokusering som har muliggjort de siste års gigantmaskiner i CERN og Brookhaven, er viet et eget kapitel.

Boken er uten tvil skrevet av førsteklasses spesialister, og populariseringen virker meget vellykket. Selv om maskinene er hovedtemaet, har det lykkes å få med korte omtaler av noen av de oppdagelser som utviklingen av akseleratorene har ført med seg. Det ville sikkert vært en fordel om man hadde funnet plass til mer stoff om maskinens betydning, da man lett får følelsen av at den vesentligste drivkraft i arbeidet er gleden ved å bygge stadig større maskiner.

Den danske oversettelse er grei og lettles. En litteraturliste gir bare henvisninger til artikler om samme emne i danske tidsskrifter. Et register og en del tillegg om målesystemer, om bruken av titalls-potenser og elementærpartikler vil være til god hjelp ved lesningen. Boken vil være til stor glede og nytte for dem som ønsker en populær innføring i det moderne mylder av store maskiner. Særlig godt passer den som lesning for interesserte gymnasister og for første avdelings studenter.

Rolf Nordhagen.



**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 komfyre, 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 Løchstær
Universitetet, Bindern.
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 skolelever kr. 10,—

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

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Sverre Westin

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

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

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

Postgirokonto: 10472

Bankgirokonto: 236545-285

NORGES STØRSTE ELEKTROTEKNISKE BEDRIFT

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S

**TELEFON 222050
POSTBOKS 60, ØKERN, OSLO 5
TELEX 1485 MICROPHONE 0**

TILSLUTTET
DET
VERDENSMSPENNENDE
KONSERN



International Telephone and Telegraph Corporation