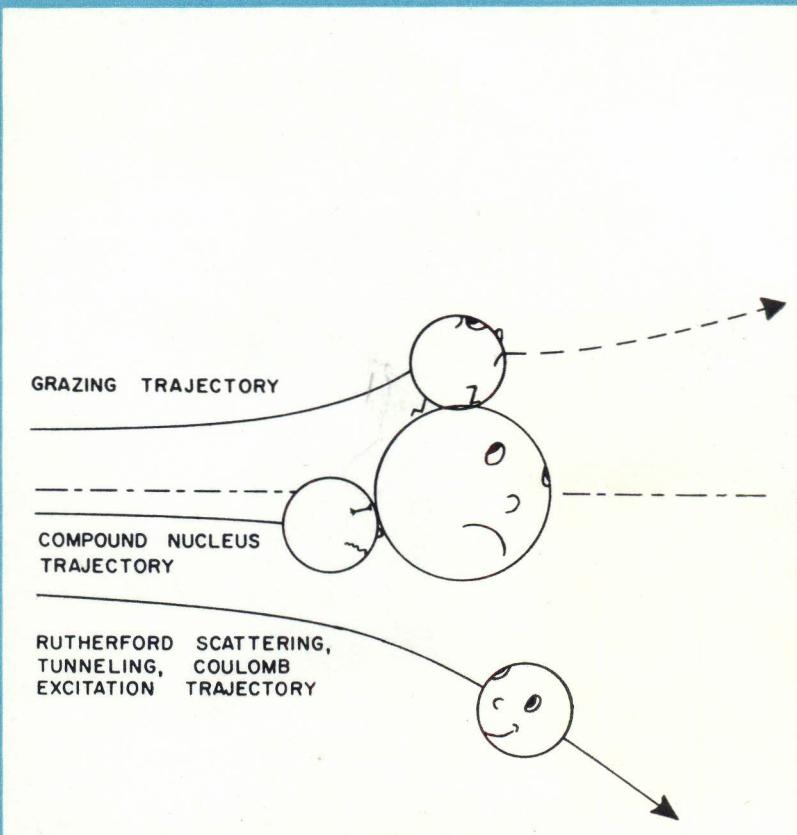


Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Egil A. Hylleraas	1
Program for fysiker-møtet	10
Nordic Solid State Conference	10
Reaksjoner mellom komplekse kjerner (I)	11
Forskyvningsstrøm og magnetfelt	16
Symposium, elementærpartikkel-fysikk	18
Brev fra leserne	20
AHA-spalten	20



System av vekselvirkende kjerner. (Se artikkel side 11).

Nr. 1 - 1966
28. årgang

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Redaktør: HAAKON OLSEN

Nr. 1 - 1966

28. årgang

Egil A. Hylleraas

15.5.1898 — 28.10.1965

Harald Wergeland

Minnetale i Fellesmøtet i Det Kongelige Norske Viden-skabers Selskab den 14. Februar 1966.

Den 28. Oktober døde Egil Hylleraas etter et hjerteanfall. Egil Andersen Hylleraas er født 15. Mai 1898. Faren Ole Andersen (1848–1926) var lærer i Engerdal og Moren Inger (1859–1935) født Rømoen kom fra Tynset. Egil Hylleraas blev i hjemmet til han var 17 år. Efter endt folkeskole og konfirmasjon hadde han da et par år gått i skogbygdens tradisjonelle håndverk, tømmerhugsten.

Vi vet at Niels Henrik Abel ved 17 års alder allerede leste Eulers og Lagranges verker på latin og fransk; og at dette var avgjørende for hans utvikling. Egil Hylleraas hadde ingen mulighet for å tilegne sig klassikerne på et så tidlig tidspunkt i livet.

Men han fikk en lang og lykkelig barndom i den vakre Engerdalen, i kontakt med naturen og hjembygdens miljø, der han vokste op som den yngste av 11 søsknen. Vi vet at han altid var dypt taknemlig for dette. Han sa om sin skolegang hjemme at det var en god skole. Den vakre håndskriften stammet nok også derfra.

Høsten 1915 brøt han op for å ta middelskolen på Rena. De 15 milene fra Engerdalen til Rena hadde dengang ingen annen forbindelse enn hesteskyss. Egil Hylleraas begynte med en gang i avgangsklassen (4. middel) og allerede første skoledag hadde klassen Engelsk gjenfortelling. Det var noget den unge gutten fra Engerdalen aldri hadde hørt før. Men han hadde lest en noksom bekjent



begynnerbok i Engelsk som åpner med: «Fred where are you» mens han var på seteren som gjætergutt den sommeren. Det falt ham ikke inn å si noget, han besvarte oppgaven uten å kny. Lærerinnen undret sig nok litt over besvarelsen; men enda mer undret hun seg da hun fikk høre at forfatteren aldri hadde hørt en Engelsk gjenfortelling før. Middelskole-examen blev det på et år og derefter examen artium på to år ved Ragna Nielsens skole i Oslo. Høsten 1918, tyve år gammel blev Egil Hylleraas immatrikulert ved Universitetet i Kristiania som han skulle komme til å tjene med så stor heder.

Her kom han sammen med en entusiastisk ungdomsorganisasjon både fra hovedstaden og mange kanter av landet. Nogen av hans venner fra studietiden ble senere kjente videnskapsmenn. Men fra begynnelsen av utdannet de fleste sig, likesom han selv, for lærergjerningen i den høiere skole. Egil Hylleraas tenkte først å studere ren matematikk og jeg tror at han også på dette følte vilde kommet til å utrette noget usedvanlig. Men så ble han assistent (1922–24) hos Lars Vegard og på den måten ble han innfanges i atomfysikken. Hans matematiske evner ble dermed rettet mot anvendelsene og mot den Matematiske Fysik.

Vegard hadde for skikk å ta en student ut til assistent allerede etter bifag i Fysikk. Til bifagsexamen fikk Egil Hylleraas bl. a. å beregne platekondensatorens kapasitet. Formelen som står i lærebøkene er strengt tatt en tilnærming. Den er god bare når avstanden mellom platene er liten i forhold til deres radius. Nu utviklet Hylleraas for anledningen en vakker liten teori som exakt tar hensyn til platenes endelige størrelse! Men hvis man tror at dette innbrakte ham stor anerkjennelse så tar man nok feil. Ingen av professorerne hadde nogen gang tenkt over problemet. Men Vegard tok under alle omstendigheter adjunkten til assistent.

Hans hovedopgave til embedsexamen var eksperimentell: En røntgenografisk strukturbestemmelse og med selvlaget Debye-Scherrer kamera. Om sin hovedopgave sier han: «Den åpnet øinene mine for skjønnheten i videnskapelig forskning og krystallene blev min «første kjærlighet» i Fysiken». Efter embedsexamen (med innstilling 1924) virket Hylleraas som lektor et par år, ved Frogner og ved Sandvika skoler. Han sier selv at han likte dette arbeidet godt, at han syntes det var morsomt å undervise de unge gutter og piker i realfagene.

Men han kunne ikke glemme de mange fysiske problemer som han var blitt kjent med på Universitetet. Selv sier han: «Jeg var avskåret fra eksperimentelt arbeide, men jeg hadde den lykke å komme over en vidunderlig bok: «Dynamik der Kristallgitter» av Max Born, professor i Teoretisk Fysikk i Göttingen». Max Births bok, — fremdeles et standardverk, er ingen lett lektyre. Men Hylleraas tilegnet sig den i en slik grad at han snart på egen hånd kunde angripe vanskelige teoretiske problemer som han hadde stillet sig angående sine kjære krystaller. Resultatene ble (med Vegards moralske støtte) publicert

og således ble Max Born opmerksom på den unge Norske fysiker som hadde et så suverent grep på gitterdynamikken.

I 1926 ble Egil Hylleraas Universitetsstipendiat. Dette, og senere et Rockefellerstipendium gjorde det mulig for ham å reise til Göttingen og være hos mesteren Max Born i nesten 2 år. og hvilke år! Det var jo Kvantemekanikens frembrudd i Fysiken. Av den grunn var krystallene ikke lenger i forgrunnen av Births interesse, noe som Hylleraas først var dypt skuffet over. Nu taltes det om materiebølger, Schrödingers ligning og Born-Heisenberg-Jordans matriser overalt hvor fysikere kom sammen. Alt dette nye som summet om ørene virket ikke med en gang på Hylleraas. Det lå i hans natur en viss neophobi som forbød ham å akseptere noe uten å forstå det tilbunds. Inntil videre valgte han derfor å bearbeide visse problemer på sitt gamle yndlingsfelt, gitterdynamikken: Han beregnet dobbelbrytningen og den optiske dreiningsevne hos mineralene Rutil, Anatol og β-kvarts. I mellomtiden tilegnet han seg den nye lære.

Vi forstår at det har vært en meget lykkelig tid. Hans hustru Magda (f. Christiansen), hans trofaste støtte i alle år var med og senere kom også en liten datter Inger (nu gift med folkeminnegranskeren Dr. Olav Bø). I Göttingen var unge fysikere fra mange land strømmet til. Av de jevnaldrende synes Heisenberg, Hitler og Hund å ha vært dem som fikk den største betydning for Hylleraas' utvikling.

Bekjentskap ble det naturligvis også med en mengde andre som befant seg i koronaen omkring Max Born — mange som senere skulle bli berømte. Nogen av dem fikk ved et nådig Forsyn holde sin sti ren, andre igjen hadde jo den tragiske skjebne å bli redskaper i ødeleggelsens tjeneste. Navn som f. eks. J. v. Neumann, Oppenheimer, Teller og Wigner klinger idag med nefaste undertoner. Men dengang var de lysende begavede unge mennesker i en generasjon som hadde glemt den første Verdenskrig og ikke forutså den annen. Det rådet en optimistisk tillit til fremtiden og til videnskapens muligheter for å gjøre Verden bedre.

I det Fysiske institut var det tre professorer, nemlig foruten Max Born, experimentalfysikerne Frank og Pohl. Videre hadde Göttingen et matematisk institut som fra gammelt av stod Fysiken nær. Den berømte David Hilbert levde ennå, men han var

emeritert og leste bare når det var noget spesielt som interesserte ham, gjerne spørsmål fra «Den Nye Fysik». Hans etterfølger var Richard Courant, vel kjent blant fysikere for sitt verk «Methoden der Mathematischen Physik».

Forelesninger og colloquium hos matematikerne har vel hat sin betydning for Hylleraas, men læreresten fremfor alle blev naturligvis Max Born. Hylleraas sier selv: «Borns seminar var ingen barneskole». Beskjeden som altid syntes han at de andre dicipler var «lærde menn som brukte metoder jeg ikke hadde sett før og en terminologi jeg ikke forstod». Men det ikke var en lignende situasjon som da han for første gang hørte Engelsk gjenfortelling i middelskolen på Rena? Nok er det, innen mange måneder var gått hadde Born utpekt Hylleraas som: «den rette mann til å angripe Heliumproblemet.»

Forhistorien til dette problem er følgende: På Heliumatomet hadde Niels Bohrs provisoriske atomteori kommet tilkort. Det var blitt klart gjennom omfattende beregninger av bl. a. Born og Heisenberg. Nu var den nye teori, Kvantemekaniken verifisert for vannstofatomet og andre systemer hvis Schrödinger-ligning er exakt løsbar. En avgjørende prøve for den nye mekanik var det neutrale Heliumatom. Men Heliumatomets Schrödingerligning kunde ikke løses exakt.

Hylleraas gikk sine egne veier og gjorde bruk av helt nye innsikter i bølgemekaniken for to elektroner i en atomkjernes Coulombfelt. Til den numeriske utregning fikk han bruke Göttinger-institutets nye elektriske regnemaskin en «Mercedes-Euclid». Den holdt et så øredøvende spetakel at han fikk hele institutet for sig selv på ettermiddagene. Resultatet som kom ut var en teoretisk verdi på 24.35 elektronvolt for Heliumatomets ioniseringsenergi. Den eksperimentelle verdi var nøyaktig kjent nemlig 24.46 eV. Overensstemmelsen blev anset som en triumf for teorien. Den eneste som ikke var helt fornøid var regnemesteren selv. Han gledet sig over anerkjennelsen, men som han senere sa: «Dette teoretiske resultat kunde man likegodt betrakket som argument mot kvantemekaniken.» Han fortsatte å gruble over de 1/10 eV som skilte hans teoretiske resultat fra det eksperimentelle. Omtrent et år senere da han var tilbake ved Universitetet i Oslo fant han forklaringen.

Det fortelles om Lagrange at han engang blev spurgt hvordan han kunne løse så dype problemer. Han svarte: «J'y pense toujours».

Det samme kunde Hylleraas meget treffende ha sagt. Om Heliumproblemet sier han selv: «Det var ordet «fullstendighet» (i Fourier-analysens betydning) som fortsatte å ringe i ørene mine». Slik fant han nøkkelen til den siste og avgjørende forbedring av sin metode. Den gir exakt overensstemmelse med den eksperimentelle verdi på elektron-voltskalaen. En liten resterende forskjell kommer først tilsyns på den finere skala (bølgelengder pr. centimeter) som brukes i spektroskopien. Denne rest er også opklart i de siste tiår ved overordentlig nøyaktige og omfattende beregninger av Hylleraas selv og mange andre (bl. a. Herzberg, Chandrasekhar og Kinoshita). Det er kanskje nødvendig å si et ord om hvorfor man i Fysiken i enkelte tilfælde er interessert i en så stor nøyaktighet. Det kommer av at gyldighetsgrensene for slike teorier som kvantemekaniken bare kan ventes å komme tilsyns i meget fine effekter.

Sommeren 1931 var Hylleraas igjen på et kort besøk i Göttingen. Samme høst forlot han Universitetet i Oslo for å flytte til Bergen som medlem av det nyopprettede *Christian Michelsens Institut for Videnskap og Åndsfrihet*. Og der blev han inntil i 1937 da han fulgte etter Vilhelm Bjerknes som professor i Teoretisk Fysik ved Universitetet i Oslo. Det er interessant å legge merke til at Michelsen-Institutet i starten hadde både en fysiker (Hylleraas) og /en matematiker (Skolem) av topklassen. Videnskapelig sett skulde derfor betingelsene ha ligget tilrette for en utvikling i stil med f. ex. Princetons «Institute of Advanced Study». Denne linje blev jo ikke fulgt opp, men Michelsen-Institutet tjente i alle fall som et reservoar hvorfra Universitetet kunde hente sig fremragende videnskapsmenn etterhvert som det fant behov for dem.

Med de naturvitenskapelige institutter på Blindern, som blev ferdige i 1936 fikk Universitetet i Oslo nye muligheter og det begynte en opplomstring og et liv både i matematikken og naturfagene som vi enda høster gode frukter av. Man kan bare drømme om hva det vilde været uten 5 års krig og okkupasjon.

I instituttet for Teoretisk Fysik skulde Hylleraas etablere undervisning og videnskapelige arbeider som på en harmonisk måte kunde forene klassisk og moderne fysik. Og ingen kunde være bedre skikket for oppgaven. Vi som hadde den lykke å få være med var stort sett ulærte, bortsett fra W. Romberg (nu professor ved Norges Tekniske Høiskole) som var doktor fra den store Sommerfeld og E.

Broch (nu professor ved Universitetet i Oslo) som hadde studert hos Dirac. Men nu fikk vi jo gå igjennem det hele. I mange år holdt Hylleraas alle forelesninger og øvelsene selv. Og de dekket hele den klassiske fysik samt en ganske omfattende innføring i Kvantemekaniken. Det var ukentlige colloquium enten over noget nytt vi skulle lære oss eller over arbeider ved institutet. Hylleraas hadde altid problemer under arbeide. Av assistentene fra denne tiden før krigen nevner jeg videre Aa. Ore og A. Eliassen, nu professorer ved Universitetet i Oslo, V. Risberg, nu rektor ved et lærerverk i Stockholm, E. Holøien, Universitetslektor i Oslo og S. Skavlem, nu professor ved Universitetet i Bergen. Under okkupasjonen var Hylleraas arrestert to ganger av Gestapo og den siste gang befant han sig i stor fare. Men en jernhelse — både mental og fysisk — lot også dette bli sporløst henover ham.

Efter krigen måtte Institutet for Teoretisk Fysik flytte meget rundt i midlertidige lokaler. Det gjorde nok kontakten med studentene i 1. avdeling svakere enn før. Men det videnskapelige arbeide og hovedfagstudiet stod sterkere enn nogensinde. Nye krefter var vokst til: M. Kolsrud og E. Eriksen, nu docenter, og J. Midtdal, nu amanuensis ved Universitetet i Oslo. Til denne generasjon hørte også Thor Staver som døde så ung.

De fleste av elevene skulde bli lektorer og forlot Universitetet etter sin hovedfagsexamen i Teoretisk Fysik. Hylleraas tapte aldri lærerutdannelsen av syn. Jeg tror han betraktet denne oppgave som den primære forpliktelse og det videnskapelige arbeide han elsket så høit, mere som en nådegave som fulgte med. Han forstod i allefall i enestående grad å forene og tilgodese begge sider av sitt instituts virksomhet.

Som lærer og foresat fulgte Hylleraas det prinsip at han aldri sa et hårdt ord til nogen. Men han gav i all stillhet et eksempel som virket sterkere enn nogen formaning. Som pædagog blev han altid en av de 'vanskelige'. Og det tiltross for at han arbeidet meget på å være lett fattelig. En forelesning begynte på karakteristisk måte uhyre elementært — med «Adam og Eva» som det heter — og før man visste ordet av det var man på dypt vann. Hans rørende tiltro til sine studenters intellekt hadde imidlertid den gode virkning at de følte sig forpliktet.

I Norsk Fysisk Selskap var Hylleraas en av grunnleggerne og gjennem alle år en av

de mest trofaste støtter. Først gjennem sit opofrende arbeide for tidsskriftet «Fra Fysikkens Verden» som han redigerte gjennem 17 år. Senere ved sin altid aktive deltagelse i våre møter. Han var vel den eneste av professorene som bestandig følte en plikt til å bidra med egne forskningsresultater.

Utvidelsen av Universitetene og dermed sammenhengende overgangsfenomener har ført til meget extra arbeide for professorene og derav fikk Hylleraas også sin del. Samvittighetsfuldt utførte han også disse plikter uten å korte av på det han gav sin videnskap, Fysiken. Komiteer og andre tillitshverv krevet også sitt, ja mere enn sitt. For en komite der Hylleraas var formann den måtte arbeide mere enn vanlig nøiaktig og raskt.

Da Norge gikk med i CERN var det almindelig tilfredshet over at denne fremragende fysiker blev en av Norges representanter. Han glede sig også selv over denne kontakt til den internasjonale krets i Fysiken der han hadde så mange gamle venner.

Da vi fikk «Det Nordiske Institut for Teoretisk Atomfysik» var det selvsagt at han kom til å spille en fremtredende rolle der. Med omsorg tok han sig av våre stipendiater i København, hvordan det gik med deres arbeide, og med hele deres ve og vel.

Hylleraas fik tidlig kontakt med kretsen i København. I Niels Bohrs institut og hans gjestfrie hjem søkte han gjerne tilbake til. Som en prøvet venn vanket han der helt fra Kvantemekanikens «gullalder» i sluttet av 1920 årene og til det siste.

Utenlands var Hylleraas gjenstand for mange æresbevisninger, og det har heller ikke manglet på anerkjennelse i vårt eget land. I 1958 ved 60-års dagen redigerte Det Kongelige Videnskabers Selskab i Trondheim et festskrift med bidrag fra Hylleraas' elever og fra flere bekjente fysikere utenfor landet. I 1960 mottok han Gunnerus-medaljen i Selskapet for sine arbeider i atomfysiken. Hvad som særlig glede ham ved den anledning var at han fik medaljen samtidig med Johan Falkberget hvis diktning han satte så høit. I 1963 blev det holdt et internasjonalt symposium til ære for Hylleraas ved universitetet i Florida. Blant de 150 deltagere var det flere av de mest kjente veteraner i den moderne fysik. Med hilsend fra hjemlandet kom Dr. Erling Christophersen, Norges kulturattaché i Washington og Dr. Haakon Olsen, nu professor ved Universitetet i Trondheim. I 1964 blev Hylleraas kommandør av St. Olav for sine arbeider i atomfysiken.

Han var medlem av en mengde faglige og lærde selskaper bl. a. Vetenskapsakademien i Uppsala, Det Kongelige Danske Videnskabers Selskab i København, Kungliga Fysikaliska Selskapet i Lund og Kungliga Vetenskapsakademien i Stockholm. I Videnskapsakademiet i Oslo var han gjennom mange år et trofast medlem og tillitsmann.

Jeg skal nu gi en overfladisk omtale over Egil Hylleraas' publiserte arbeider. De omfatter 75 fysiske avhandlinger hvorav de fleste temmelig store. Som allerede nevnt begynte Hylleraas med Røntgenografiske strukturbestemmelser og fortsatte med teoretiske undersøkelser av krystallers optiske egenskaper. Dette avsnit i hans forskning representeres av ialt 7 større avhandlinger [1–7] fra årene 1925 til 1927. Fra 1928 begynner den statelige rekke avhandlinger i bølgemekaniken med den berømte: «Über den Grundzustand des Heliumatoms» [8]. Samme år, umiddelbart etter at Heitler og London hadde opdaget mekanismen ved den homopolare valens, beregnet Hylleraas bindingsenergien for det eksitere vannstofmolekyl. [9]. Fra nu av går det videre med arbeider både fra atomenes, molekylenes og krystallenes bølgemekanik. Heliumgrunntermen fikk sin avgjørende behandling i arbeidet [12] fra 1929. Der finnes også for første gang det specielle valg av koordinater som bærer Hylleraas' navn. Blant de mange viktige arbeider fra årene som universitetsstipendiat skal jeg også nevne den bølgemekaniske beregning av Lithiumhydridkrystallens energi og gitterkonstant. [15]. Man må forundre sig over at nogen turde binde an med en slik oppgave. Til dags dato er den enestående i sit slags.

Det første arbeide fra Bergenstiden synes å være vannstofatomets impulsbølgefunksjoner [21], et matematisk meget vakkert arbeide. Det ble forresten skrevet ned under et kort besøk i København. Blant arbeidene fra Bergenstiden skal videre nevnes metodene til å beregne toatomige molekylers kraftpotensialer ut fra båndspektra. [27–35].

Under de første år i Oslo interesserer Hylleraas sig for kjernefysiken som da begynte komme sterkt i forgrunnen. Også her kom han til å gi bidrag av blivende verdi [34] og [38]. Men bare en brokdel av hans studier på dette felt blev publicert. De blev forelagt oss i colloquium. Omtrent på samme tid tok han op tidevannsproblemene på den roterende jord i tre store avhandlinger [36], [37] og [41]. Foranledningen til at han så plutselig angrep et så stort problem fra hydrodynamiken

var nok samtaler med professorene J. E. Fjeldstad og H. Solberg, begge gamle venner fra Oslo og Göttingen.

Efter krigen begynte en ny blomstringsperiode i Hylleraas' arbeider; med emner fra de forskjelligste kanter av kvantefysiken. Nogen ganger er det «leilighetsdikt» foranlediget ved spørsmål fra en eller annen eksperimental-fysiker. Mere systematiske interesser var spredningsproblemer og da særlig spørsmålet om hvordan det spredende potensialfeltet er bestemt ved vinkelfordelingen av de spredte partikler. Dette problem kom i forgrunnen etter krigen med Heisenbergs S-matrix teori. Hylleraas' løsning [45] fra 1948 er skrevet ned under et ophold i Princeton. Den blev kritisert fordi han ikke hadde reservert seg mot visse trivielle undtagelsestilfælde. En mere fullstendig løsning av hele problemet gav Hylleraas i flere foredrag. Den blev skrevet ned [67] og [68] under et ophold i Madison, Wisconsin, der Hylleraas og hans Hustru tilbragte et lykkelig sabbathsår 1963. I de senere år kom Hylleraas til å interessere seg for relativistisk elektronsteori og strålingsteori. Også her formådde han å gi nye bidrag [61] [63]. Dertil kom at hegemoniet på toelektron-problemet, Heliumatomet og det negative vannstofion [48] [55] [71] til enhver tid blev opprettholdt enten av Hylleraas alene eller i samarbeide med en nær elev. De siste ti år redigerte Hylleraas tidsskriftet *«Physica Mathematica Osloensis»*. Det var åpent for alle medarbeidere, men i første rekke bidrog han selv til å holde serien gående og på et godt nivå. Finansieringen av dette temmelig store foretakene blev bare delvis dekket av Norske institusjoner. Hylleraas fant å måtte ta en av de Amerikanske «Air Force Contracts» for å skaffe tilstrekkelige forskningsmidler til sit institut. Dette betød nok en anseelig ekstra belastning med rapportskrivning osv. Av Hylleraas' siste arbeider vil jeg nevne hans spinor-matrix teori. [72] og [74] fra 1964. Den løser på en god måte det gamle problem om en relativistisk elektronsteori uten specielle matrix-fremstillinger, og bringer også mange andre fordeler.

Skal man fremheve et spesielt trekk ved Egil Hylleraas' arbeider må det vel være hans forunderlige matematiske kraft. Klassisk analyse og algebra hadde han vel som andre hørt både hjemme og i Göttingen. Likeså var hans ferdighet og hurtighet i numeriske beregninger, om enn usedvanlig, dog noget som kan erhverves av mange ved fornøden trening.

Men det virtuose grep på alle analytiske operasjoner, den algoristiske evne til å tvinge frem løsning — den var en naturgave som blir bare få til del. Av den grunn blev arbeidene så vakre. I dette stykke fulgte han sin læremester Max Born. Men også, og på en annen måte Niels Bohr. En av Niels Bohrs elever (Pauli) sa en gang: «Det er synd at denne teori ikke stemmer med eksperimentene for den var så vakker». Men til det svarte Niels Bohr omrent følgende: «En teori som ikke stemmer med eksperimentene kan ikke være en vakker teori». Og med all sin hjertelige godmodighet; på et punkt var Egil Hylleraas ubøelig, nemlig hvor det gjaldt videnskapelig nøyaktighet. Et par ganger førte dette ham op i diskusjoner som gjorde hans gode hjerte og menneskevennlige natur inderlig vondt.

Hans alder blev ikke så høi, men en lang arbeidsdag blev det allikevel. Fra morgen til sen middag var altid han på Universitetet, tilgjengelig for enhver. Fra ettermiddagen til langt på natt sat han ved arbeidsbordet i sitt kjære hjem. I tillegg til sine videnskapelige avhandlinger skrev Hylleraas et 100-tal artikler av populærvitenskapelig, filosofisk, historisk og biografisk innhold. Ennvidere bøker og stencilerte memoirer over fysiske problemer for sit seminar.

Han fikk beholde denne arbeidsevne i alle år. Hør bare hvad professor Olof Löwdin i Uppsala skriver etter den store konferanse i Florida:

«Vid symposiet var 150 forskare från 25 nationer närvarande. Hylleraas gav en fullständigt lysande innledningsforelesning och symposiet blir et levende bevis på den storartade pionärinsats som Hylleraas gjort inom atom og molekylteorien.

Vi hadde sedan föremånen att ha Hylleraas hos oss ända fram till slutet av februari och han gav oss en serie utomordentliga seminarier som viser at hans iderikdom och tankeskärpa nu kanske er større enn någonsin. Vi var alla mycket imponerade».

Dette var i 1963. Han var kanskje ikke legemlig mere så urimelig sterkt som før, men på sine felter i Fysiken fikk han beholde sin kraft til det siste. Et ærefuldt liv og et helstøpt verk er fullført.

Referenser :

E. A. Hylleraas: Reminiscences from early Quantum Mechanics of two-electron Atoms. Fra Fysikkens Verden, 25, 23 (1963).

Forfatteren skylder Kontorfullmektig Fru Helene Voldner og Amanuensis John Midtdal ved Instituttet for Teoretisk Fysik ved Universitetet i Oslo, takk for det meste av materialet til denne biografi.

Publikasjoner.

A. Vitenskapelige avhandlinger.

1 Om krystalstrukturen av Hg_2Cl_2 , Hg_2Br_2 og Hg_2J_2 og beregning av den optiske dobbeltbrytning i Hg_2Cl_2 . *Fysisk Tidsskrift* 1925.

2 Die Anordnung der Atome in den tetragonalen Kristallen Hg_2Cl_2 , Hg_2Br_2 , Hg_2J_2 und Berechnung der optischen Doppelbrechung von Hg_2Cl_2 . *Physikalische Zeitschrift* 26. 1925, 811–814.

3 Die Anordnung der Atome in den tetragonalen Kristallen der einwertigen Quicksilberhalogenide Hg_2Cl_2 , Hg_2Br_2 , Hg_2J_2 . Berechnung der optischen Doppelbrechung von Hg_2Cl_2 . *Z. Phys.* 36, 859 (1926).

4 Die Atomanordnung in den tetragonalen Kristallen von $K_2J_2O_2$, Kaliummetaperjodat. *Z. Phys.* 39, 308 (1926).

5 Parameterbestimmung mit Hilfe der optischen Eigenschaften der Krystalle. *Die Naturwissenschaften*, 15. Heft 11. (1927).

6 Bestimmung der Lage der Sauerstoffatome in Rutil und Anatase mit Hilfe der optischen Doppelbrechung. *ZS. f. Kristallographie* 65, 469 (1927)

7 Gleichgewichtslage der Atome, Doppelbrechung und optisches Drehungsvermögen von β -Quarz. *Z. Phys.* 44, 58 (1927), (Medtatt i Abh.).

8 Über den Grundzustand des Heliumatoms. *Z. Phys.* 48, 469 (1928).

9 Homöopolare Bindung beim angeregten Wasserstoffmolekül. *Z. Phys.* 51, 150 (1928). (Medtatt i Abh.).

10 Die Energie des Heliumatoms im Grundzustande. *Phys. ZS.* 30, 249 (1929).

11 Heliumatomets energi i grunntilstanden. *Report of the 18. Scandinavian Congress in Copenhagen*. 26–31 Aug. 1929.

12 Neue Berechnung der Energie des Heliums im Grundzustande, sowie des tiefsten Terms von Ortho-Helium. *Z. Phys.* 54, 347 (1929). (Medtatt i Abh.).

13 Die Elektronenaffinität des Wasserstoffatoms nach der Wellenmechanik. *Z. Phys.* 60, 624 (1930).

14 Bemerkungen zu meiner Arbeit: «Die Elektronenaffinität des Wasserstoffatoms nach der Wellenmechanik.» *Z. Phys.* 63, 291 (1930).

15 Wellenmechanische Berechnung der Gitterenergie und der Gitterkonstante des Lithiumhydrids. *Z. Phys.* 63, 771 (1930). (Medtatt i Abh.).

16 Über den Grundterm der Zweielektronenprobleme von H^- , He , Li^+ , Be^{++} usw. *Z. Phys.* 65, 209 (1930).

17 Sammen med Bjarne Undheim: Numerische Berechnung der 2S-Terme von Ortho- und Par-Helium. *Z. Phys.* 65, 759 (1930). (Medtatt i Abh.).

18 Die Para-Orthoaufspaltung und der Mittelwert der S-Terme von Helium bei hohen Quantenzahlen. *Z. Phys.* 66, 453 (1930).

19 Über den Ursprung der Koronalinien. *Z. Phys.* 69, (1931).

20 Über die Elektronenterme des Wasserstoffmoleküls. *Z. Phys.* 71, 739 (1931).

- 21 Die Wellengleichung des Keplerproblems im Impulsraume. *Z. Phys.* **74**, 216 (1932).
- 22 Die Grundlagen der Quantenmechanik mit Anwendungen auf atomtheoretische Ein- und Mehr-elektronenprobleme. *Vit. Akad.* No. 6, 1932.
- 23 Wellenmechanische Berechnung der Rydberg-korrektion der Heliumterme. *Z. Phys.* **83**, 739 (1933).
- 24 Polarisationseffekt der Helium-D-Terme. Dipol- und Quadropoleffekt. *Z. Phys.* **88**, 108 (1934).
- 25 Zur Konvergensfrage gewisser Näherungslösungen der «äusseren» Gleichung des Zweizentren-problems. *Z. Phys.* **93**, 582 (1935). (Medtatt i Abh.).
- 26 Some Critical Remarks Concerning Bailli Nilsen's Paper «On the Theory of Free Radicals and Organoo-Alcali Compounds.» *J. Chem. Phys.* **3**, 313 (1935).
- 27 Energy Formula and Potential Distribution of Diatomic Molecules. *J. Chem. Phys.* **3**, 595 (1935).
- 28 Ein Neuer Ansatz für den Potentialverlauf bei zweiatomigen homöopolen Molekülen. Anwendung auf CdH und N₂. *Phys. ZS.* **36**, 599 (1935).
- 29 Analytische Darstellung von Potentialen zweiatomiger Moleküle und ihre Bestimmung aus spektroskopischen Daten. 1. Teil: Allgemeine Theorie. *Z. Phys.* **96**, 643 (1935). (Medtatt i Abh.).
- 30 Analytische Darstellung von Potentialen zweiatomiger Moleküle und ihre Bestimmung aus spektroskopischen Daten. 2. Teil: Anwendung auf die Moleküle CdH und N₂. *Z. Phys.* **96**, 661 (1935).
- 31 Über die formelmässige Darstellung der Rotationsenergiekonstante der Moleküle und ihre Anwendung zur Berechnung von Dissoziationsenergien. *Die Naturwissenschaften* **24**, 279 (1936).
- 32 Theoretische Berechnung von Übergangswahrscheinlichkeiten im Helium. *Z. Phys.* **106**, 395 (1937).
- 33 Über die Eigenschwingungen des Tetraedermoleküls. *Z. Phys.* **107**, 86 (1937). (Medtatt i Abh.).
- 34 Über die Bindungskräfte zwischen elementaren Kernpartikeln. *Z. Phys.* **107**, 258 (1937).
- 35 Equation d'ondes d'un electron dans le champ de forces de deux noyaux atomiques. Problème de l'ion moléculaire d'hydrogène. (*Annales de l'Institut Henri Poincaré*, tome VII, fascicule III, pages 121–153), Paris 1937.
- 36 Über die Schwingungen eines stabil geschichteten, durch Meridiane begrenzten Meeres. Teil I: Allgemeine Betrachtungen. *Astrophysica Norvegica* Vol. III, No. 6, 1939.
- 37 Sammen med Werner Romberg: Über die Schwingungen eines stabil geschichteten, durch Meridiane begrenzten Meeres. Teil II: Berechnung der Eigenfrequenzen. *Astrophysica Norvegica* Vol. III, No. 11, 1941.
- 38 Sammen med Vidar Risberg: Über die Anwendbarkeit des Yukawapotentials bei leichten Kernen. Avh. utgitt ved *Det Norske Videnskaps-Akadem* No. 3, 1941.
- 39 On the Solution of the Relativistic Wave Equation for an Electron in a Coulomb Field. *Vit. Akad.* No. 1, 1943.
- 40 Potential Walls and the so-called Klein Paradox in Relativistic Quantum Mechanics. Avh. utg. av *Det Norske Vit. Akad.* No. 2, 1943.
- 41 On the theory of tidal oscillation in oceans with solid boundaries. *Geofysiske publikasjoner* Vol. XIII, No. 10, 1943. Det Norske Vit. Akad. i Oslo 1943.
- 42 Evaluation of Transition Probabilities for Non-Coulombian Central Fields. *Arch. f. Mathem. og Naturvid.* B. XLVIII, Nr. 4, 1945.
- 43 Sammen med Aadne Ore: Binding Energy of the Positronium Molecule. *Phys. Rev.* **71**, 493 (1947). (Også: *F. F. V. Hefte* 4, 1946).
- 44 Electron Affinity of Positronium. *Phys. Rev.* **71**, 491 (1947).
- 45 Calculation of a Perturbing Central Field of Force from the Elastic Scattering Phase Shift. *Phys. Rev.* **74**, 48 (1948).
- 46 Construction of Differential Equations from their Eigenvalues. *F. F. V. Nr.* 2, 1948.
- 47 Two-Electron Angular Wave Functions. *Avh. Det Norske Vit. Akad.* No. 5, 1949.
- 48 A New Stable State of the Negative Hydrogen Ion. *Astrophys. J.* **111**, 209 (1950).
- 49 Sammen med S. Skavlem: On the Magnetic Shielding in He and H₂. *Phys. Rev.* **79**, 117 (1950).
- 50 Note on the doubly excited state of the negative hydrogen ion. *Astrophys. J.* **113**, 704 (1951).
- 51 Expansion of Products of Laguerre Polynomials. *Arch. for Math. og Naturvid.* B. LII, Nr. 5, 1954.
- 52 Recent Calculations of the Energy Values of Two-Electron Atoms. *Festskrift til Professor Bjørn Helland-Hansen*, (Lecture at the Symposium on the Quantum Theory of Molecules, Stockholm-Uppsala 20–25 March 1955).
- 53 Zur praktischen Lösung der relativistischen Einelektronengleichung. *Z. Phys.* **140**, 626 (1955).
- 54 Sammen med John Midtdal: Ground-state energy of two-electron atoms. *Phys. Rev.* **103**, 829 (1956).
- 55 Sammen med John Midtdal: Ground-state energy of two-electron atoms. Corrective results. *Phys. Rev.* **109**, 1013 (1958).
- 56 The variational Principle in Quantum Mechanics. *Phys. Math. Osloensis*. Inst. Rep. Nr. 1, 1958.
- 57 On a useful Transformation of Legendre and Laguerre Product Functions in Two-electron Atomic Theory. *Phys. Math. Osloensis*. Inst. Rep. Nr. 3, 1959.
- 58 On the Formal Solution of the Two-electron Wave equation. *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 6, 1960.
- 59 On the Computation of Sums of Reciprocal Powers. *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 7, 1960.
- 60 Sammen med John Midtdal: Tables of Reciprocal Powers of Integers and Various Infinite Sums to 55 Decimals. *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 8, 1960.
- 61 Zur praktischen Lösung der relativistischen Einelektronengleichung II. *Z. Phys.* **164**, 493 (1961). (Også: *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 10, 1961).
- 62 Resonance Method in Scattering Theory. *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 11, 1961.
- 63 Über die Darstellung von Spinoren. *Z. Phys.* **167**, 243 (1962). (Også: *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 12, 1961).
- 64 On the Bethe-Heitler Formula for Bremsstrahlung. *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 16, 1962.
- 65 Linearization of Products of Jacobi Polynomials. *Math. Scand.* **10**, 189 (1962). (Også: *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 17, 1961).
- 66 Resonance Method in Scattering Theory. *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 18, 1963.
- 67 Determination of a Perturbing Potential from its Scattering Phase Shift and Bound States Energy Levels. *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 19, 1963.
- 68 On the Inversion of Eigenvalue Problems. *Ann. Phys.* **25**, 309 (1963). (Også: *Phys. Math. Univ. Oslo*. Inst. Rep. Nr. 20, 1963).

69 Perturbation theory for illustration purposes. *WIS-TCI-23*. 9. July 1963. University of Wisconsin, Theoretical Chemistry Institute, Madison, Wisconsin.

70 Reminiscences from early Quantum Mechanics of two-electron Atoms. *Rev. Mod. Phys.* **35**, 421 (1963). (Også: *F. F. V.* Nr. 2, 1963).

71 The negative hydrogen ion in quantum mechanics and astrophysics. *Astrophysica Norvegica* Vol. IX, No. 32, 1964. (Reprint from the volume dedicated to Professor Svein Rosseland on the occasion of his 70th birthday).

72 On the Conception of Generalized Spin of Free Dirac Particles. *Phys. Math. Univ. Oslo. Inst. Rep.* Nr. 22, 1964.

73 Determination of a Perturbing Potential from Its Scattering Phase Shift and Bound States Energy Levels. *Nucl. Phys.* **57**, 208 (1964). (Også: *Phys. Math. Univ. Oslo. Inst. Rep.* Nr. 23, 1964).

74 Über die Darstellung von Spinoren II. Zur Frage des generalisierten Spins. *Z. Phys.* **182**, 58 (1964). (Også: *Phys. Math. Univ. Oslo. Inst. Rep.* Nr. 24, 1964).

75 Über die Rotationsenergien und Eigenfunktionen des symmetrischen und asymmetrischen Kreisels. *Z. Phys.* **190**, 226 (1966). (Også: *Phys. Math. Univ. Oslo. Inst. Rep.* Nr. 31, 1966).

76 Die Grundlagen der Quantenmechanik mit Anwendungen auf atomtheoretische Ein- und Mehr-elektronenprobleme. Oversatt til Japansk av Dr. Sci. Gentaro Araki, Professor ved Kyoto Universitet.

B. Artikler av almenvitenskapelig karakter. — Forelesningskompendier. — Foredrag. — Bok-anmeldelser.

Materiens bølgenatur. *Universitetets radioforedrag* (1930).

Om den nyere utvikling i atomlæren. *Naturen* 1931.

Materiens struktur i lys av kvanteteorien. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* II, 3, 1932

Kvanteteori og kjemi. *Tidsskr. for kjemi og bergv.* nr. 6, 1932.

Om behandlingen av flerelektronproblemer i kvanteori, med særlig henblikk på en fullstendig løsning av helium-problemet. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* III, 2, 1933.

Bølgemekanikkens betydning for forståelsen av den kjemiske binding. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* III, 3, 1933.

Heisenberg, Schrödinger og Dirac. De tre siste Nobelpristagere i fysikk. *Publ. fra Chr. Michelsens inst.* Nr. 31, 1934. (Også: *Naturen* 1934).

Vannstoff-atomet med masse 2, og dets betydning for fysisk og kjemisk forskning. *Publ. fra Chr. Michelsens inst.* No. 32, 1934. (Også: *Naturen* 1934).

Om neutronet den nyopdagede elementærpartikkel i atomkjernene. *Publ. fra Chr. Michelsens inst.* Nr. 33, 1934. (Også: *Naturen* 1934.)

Atomenergi og kjernebygning i lys av de nyeste oppdagelser, neutronet og deuteronen. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* IV, 3 1934.

Nogen utsnitt av atomlæren. Fra Demokrit til Bohr og de Broglie. *Samtiden* (udatert), antagelig 1934.

Bølgemekanisk beregning av energinivåer i heliumatomet. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* IV, 4 1934.

Det fysikalske verdensbillede. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* IV, 8, 1934.

Kvantemekaniske grunnproblemer. Den almindelige og relativistiske formulering av kvantemekanikken. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* IV, 9, 1934. (Forelesn. v/ Univ. i Oslo).

Positronet, det positive elektron. *Publ. fra Chr. Michelsens inst.* Nr. 38, 1934. (Også: *Naturen* 1934).

Atomforskning og verdensanskuelse. *Fritt Ord* 1934.

Atomenes bygning i lys av læren om elektroner, protoner og lyskvanta. *Publ. fra Chr. Michelsens inst.* Nr. 45, 1934. (Universitetets radioforedrag 1934).

Det «tunge» vannstoffatom og det «tunge» vann. Oppdagener og oppdagelsen. *Publ. fra Chr. Michelsens inst.* Nr. 48, 1935. (Også: *Tidsskr. f. kjemi og bergv.* nr. 1, 1935).

Årsaksprinsippets stilling i den moderne fysikk. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* V, 7, 1935.

Beregning av molekylære kraftfelter på grunnlag av båndspektreter. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* VI, Nr. 3, 1936.

Hva kan den moderne atomenergi yde til forklaring av de kjemiske lover. *Chr. Michelsens inst. Beretninger* VII, Nr. 6, 1937. (Foredrag holdt den 19. juni 1937 ved det 2. Landsmøte for Kjemi, Oslo.)

Hvad vet vi om atomenergi? *F. F. V.* Nr. 1–2, 1938. (Foredrag i Fysikkforeningen november 1938).

Professor Sem Sæland In Memoriam. *F. F. V.* Nr. 1, 1941.

Atomkjernenes sammensetninger og omdannelser. *F. F. V.* Nr. 1, 1941–42.

Refleksjonsfrie grenseflater for optiske medier. *F. F. V.* Nr. 2, 1941–42.

Galileo Galilei. (1564–1642). *F. F. V.* Nr. 3, 1941–42.

Om beregning av visse multiple integraler i kjeinefysiken. *F. F. V.* Nr. 3, 1941–42.

Om tidevannssvingninger i havområder begrenset av kontinenter. *F. F. V.* Nr. 2, 1942–43.

Robert Mayer og energilovens 100-års jubileum. *F. F. V.* Nr. 2, 1942–43. (Også: *Naturen* Nr. 1, 1943).

Alfred Nobel. Wilhelm Konrad Röntgen. *F. F. V.* Nr. 3, 1942–43. (Nobelpristagere i fysikk).

Hendrik Anton Lorentz. Pieter Zeeman. *F. F. V.* Nr. 4, 1942–43. (Nobelpristagere i fysikk).

Henri Antoine Becquerel. Pierre Curie. Marie Skłodowska Curie. *F. F. V.* Nr. 1, 1943. (Nobelpristagere i fysikk).

Dr. Axel Aubert. In Memoriam. *F. F. V.* Nr. 2, 1943.

Lord Rayleigh, Philipp Lenard. Sir Joseph John Thomson. *F. F. V.* Nr. 2, 1943. (Nobelpristagere i fysikk).

Svante Arrhenius. *F. F. V.* Nr. 1, 1944. (Nobelpristagere i kjemi).

Sir William Ramsey. Sir Ernest Rutherford. William Ostwald. *F. F. V.* Nr. 2, 1944. (Nobelpristagere i kjemi).

Albert A. Michelson. *F. F. V.* Nr. 3, 1944. (Nobelpristagere i fysikk).

Gabriel Lippman. *F. F. V.* Nr. 4, 1944. (Nobelpristagere i fysikk).

De nye Nobelpristagere i fysikk og kjemi. Otto Stern. I. I. Rabi. *F. F. V.* Nr. 1, 1945. (Nobelpristagere i fysikk).

Georg V. Hevesy. *F. F. V.* Nr. 1, 1945. (Nobelpristagere i kjemi).

Guglielmo Marconi. Ferdinand Braun. *F. F. V.* Nr. 1, 1945. (Nobelpristagere i fysikk).

Johannes Diderik van der Waals. Wilhelm Wien. Nils Gustaf Dalén. Heike Kamerlingh Onnes. *F. F. V.* Nr. 2, 1945. (Nobelpristagere i fysikk).

Blindernstudentenes hilsen til Kongen. *F. F. V.* Nr. 2, 1945.

- Om formuleringen av variasjonsproblemer for kontinuerlige egenverdispektra. *F. F. V.* Nr. 3, 1945.
- Professor dr. Niels Bohr. Til hans 60-årsdag 7. okt. 1945. *F. F. V.* Nr. 3, 1945.
- Elektriske målinger og elektriske målsystemer. *F. F. V.* Nr. 4, 1945.
- Wolfgang Pauli. Otto Hahn. *F. F. V.* Nr. 4, 1945. (Nobelpristagere i fysikk).
- Carl Stormer. *F. F. V.* Nr. 4, 1945.
- Atomer og energi. *Samtiden* (udatert) antagelig 1945.
- Det 20. århundres naturopfatning. *Samtiden* (udatert) antagelig 1945.
- Max v. Laue. Wilhelm Henry Bragg. William Lawrence Bragg. Charles Glover Barkla. *F. F. V.* Nr. 1, 1946. (Nobelpristagere i fysikk).
- Max Planck. Johannes Stark. Charles-Edouard Guillaume. *F. F. V.* Nr. 3, 1946. (Nobelpristagere i fysikk).
- Om polyelektroner. *F. F. V.* Nr. 4, 1946.
- En meget vakker halo i Engerdal 1. april 1947. *F. F. V.* Nr. 1, 1947.
- Albert Einstein. *F. F. V.* Nr. 1, 1947. (Nobelpristagere i fysikk).
- Elektriske og elektromagnetiske akseleratorer. *F. F. V.* Nr. 2, 1947.
- Niels Bohr. *F. F. V.* Nr. 2, 1947. (Nobelpristagere i fysikk).
- Walter Nernst. Frederick Soddy. *F. F. V.* Nr. 3, 1947. (Nobelpristagere i fysikk).
- Francis William Aston. *F. F. V.* Nr. 2, 1948. (Nobelpristagere i kjemi).
- Nobelpristagere i fysikk 1923. Robert Andrews Millikan. *F. F. V.* Nr. 3, 1948. (Nobelpristagere i fysikk).
- Manne Siegbahn. *F. F. V.* Nr. 1, 1949. (Nobelpristagere i fysikk).
- Hideki Yukawa. *F. F. V.* Nr. 3, 1949. (Nobelpristagere i fysikk).
- James Franck og Gustav Hertz. *F. F. V.* Nr. 4, 1949. (Nobelpristagere i fysikk).
- Langt og intenst virke i vitenskapens tjeneste. Professor L. Vegard 70 år idag. *Aftenposten* 3. februar 1950.
- Jean Perrin. *F. F. V.* Nr. 1, 1950. (Nobelpristagere i fysikk).
- Om en ny dobbelt anslått tilstand for det negative vannstoffasjon. *F. F. V.* Nr. 2, 1950.
- A. H. Compton. *F. F. V.* Nr. 3, 1950. (Nobelpristagere i fysikk).
- Om den magnetiske avskjerming i heliumatomet og vannstoffmolekylet. *F. F. V.* Nr. 3, 1950.
- C. T. R. Wilson. Nobelprisen i fysikk 1927. *F. F. V.* Nr. 2, 1951. (Nobelpristagere i fysikk).
- Owen William Richardson. *F. F. V.* Nr. 3, 1951. (Nobelpristagere i fysikk).
- Tor Bøhm Staver. In Memoriam. *F. F. V.* Nr. 3, 1952.
- Hendrik Anthony Kramers. In Memoriam. *F. F. V.* Nr. 3, 1952.
- Nobelpristagere i fysikk 1952. Felix Bloch og Edward M. Purcell. *F. F. V.* Nr. 1, 1953. (Nobelpristagere i fysikk).
- Nobelprisen i fysikk 1953. Fritz Zernike. *F. F. V.* Nr. 3. (Nobelpristagere i fysikk).
- The Physical Society. *F. F. V.* Nr. 4, 1953.
- Nobelprisene i Fysikk og Kjemi 1954. Max Born og Linus Pauling. *F. F. V.* Nr. 3, 1954. (Nobelpristagere i fysikk/kjemi).
- Nobelprisen i fysikk 1954. Walther Bothe. *F. F. V.* Nr. 1, 1955. (Nobelpristagere i fysikk).
- Atomforskningen og det Europeiske samarbeide i kjernekjemi i Geneve. (CERN). *F. F. V.* Nr. 1, 1956.
- Olaf Devik 70 år. *F. F. V.* Nr. 3, 1956.
- Nelius Holte Moxnes. In Memoriam. *F. F. V.* Nr. 1, 1957.
- Professor dr. Bjørn Helland-Hansen. In Memoriam. *F. F. V.* Nr. 3, 1957.
- Robert Jungk: Som tusen soler. Aschehoug 1957. *F. F. V.* Nr. 4, 1957. (Bokanmeldelse).
- Professor L. Vegard 80 år. 3. februar 1960. *F. F. V.* Nr. 2, 1959.
- Lars Vegard død. — *Aftenposten* 23/12 1963.
- Teoretisk fysikk I. Matematisk grunnlag. Vektorregning. Mekanikk. — Stensilert hefte. Mars 1939.
- Teoretisk fysikk II. Lagrange-Hamilton mekanikk. Kontinua. Elektrodynamikk. Termodynamikk. Statistisk mekanikk. — Stensilert hefte. Juni 1939.
- Teoretisk fysikk III. Kvanteteori. Bølgemekanikk. — Stensilert hefte. Mai 1939.
- Atomene. Forskningens vei mot ukjent land. — Cammermeyers Boghandel 1947.
- Atomene. Svensk utgave. — Natur och Kultur. Stockholm 1950.
- Atomit. Finsk utgave. — Werner Söderström Osakeyhtiö, Helsinki 1953.
- Matematisk og teoretisk fysikk. I. Del. Fysikkens matematiske grunnlag. — Grøndahl & Søns Forlag, Oslo 1950.
- Matematisk og teoretisk fysikk. II. Del. Mekanikk og Statistikk. — Grøndahl & Søns Forlag, Oslo 1951.
- Matematisk og teoretisk fysikk. III. Del. Elektrisitet og Magnetisme. — Grøndahl & Søns Forlag, Oslo 1950.
- Matematisk og teoretisk fysikk. IV. Del. Atomteori. — Grøndahl & Søns Forlag, Oslo 1952.
- Atomteori. — Forelesninger Vårsemestret 1960. Solution of the relativistic wave equation for a Coulomb field. (Closed states). — (Forelesningsmanuskript). April 1962.
- Kvanteteoretiske problemer. — Forelesninger Høstsemestret 1963.
- The Spinor Matrix Method in the Relativistic Kepler Problem. — (Forelesningsmanuskript). Januar 1964.
- Minner fra kvantemekanikkens barndom. — Foredrag i Fysikkforeningen 20/2-1964.
- Kvantemekanikk I. — Forelesninger. Vårsemestret 1964.
- Kvantemekanikk II. — Forelesninger. Vårsemestret 1964.
- Betrakninger over væskedråpe-kjernemodell. — (Forelesningsmanuskript). 4. mars 1965.
- Über die Rotationsenergien und Eigenfunktionen des symmetrischen und asymmetrischen Kreisels. — Seminarvortrag 27. april 1965.
- Electromagnetism I. — Lectures Spring 1965. May 1965.
- Pascual Jordan: Anschauliche Quantentheorie. Julius Springer, Berlin 1936.
- Pascual Jordan: Die Physik des 20. Jahrhunderts. Fredr. Vieweg & Sohn. Braunschweig 1938. *F. F. V.* Nr. 3, 1939. (Bokanm.).
- Albert Einstein og Leopold Infeld: Fysikken som virkelighetens eventyr. H. Aschehoug & Co. 1939. Oversatt av Gunnar Randers. *F. F. V.* Nr. 3, 1939. (Bokanm.).
- Paul Karlson: Du und die Natur. Eine Moderne Physik für Jedermann. Ullstein, Berlin 1937. *F. F. V.* Nr. 4, 1939. (Bokanm.).

A. Eddington: The Philosophy of Physical Science. Cambridge University Press. 1939. F. F. V. Nr. 4, 1939. (Bokanm.).

Norsk Populær-Astronomisk Tidsskrift. Redaktør: Leif Owren. F. F. V. Nr. 4, 1943. (Bokanm.).

Carl Fred. Holmboe: Michael Faraday. H. Aschehoug & Co. Oslo 1943. F. F. V. Nr. 4, 1943. (Bokanm.).

E. T. Bell: Matematikens Män. (Genier — Pionärer — Människor). Oversatt til svensk av Lennart og Arne Björk. Bokförlaget Natur och Kultur. Stockholm 1940. F. F. V. Nr. 4, 1944. (Bokanm.).

Elis Strömgren: Ole Rømer som astronom. Utgivet i Anledning av 300-Aarsdagen for Ole Rømers Fødsel den 25. sept. 1644. Det kgl danske Videnskabernes Selskab. I komm. hos E. Munksgaard. København 1944.

Mogens Pihl: Ole Rømers videnskabelige liv. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. I komm. hos Einar Munksgaard. København 1944. F. F. V. Nr. 4, 1944. (Bokanm.).

Kosmos. Fysiska uppsatser. Svenska Fysikersamfundet. Band 23, 1945. Stockholm 1945. F. F. V. Nr. 3, 1945. (Bokanm.).

Norsk Fysisk Selskap

Foreløpig program for
alminnelig fysikermøte i Oslo 1., 2 og 3
juni 1966.

Onsdag 1. juni; møtested Blindern.

kl. 9.30–12.30: Diskusjon om norsk fysisk forskning: Hva vil vi — hva bør vi — hva kan vi? Innledere: Haakon Olsen, Tore Olsen og Bjørn Trumppy.

kl. 12.30–14.00: Lunsj.

kl. 14.00–17.00: Foredragsmøter, eventuelt flere sesjoner.

Torsdag 2. juni; møtested Kjeller.

kl. 10.00–12.00: Foredragsmøte, anmeldte foredrag.

kl. 12.00–14.00: Lunsj og omvisning.

kl. 14.00–16.00: Foredragsmøte, anmeldte foredrag.

kl. 16.00: Årsmøte i Norsk fysisk selskap.

kl. 20.00: Supé i Frederikke, Blinder.

Fredag 3. juni; møtested Blindern.

kl. 10.00–12.30: Foredragsmøter, anmeldte foredrag og eventuelt et større oversiktspresentasjon.

kl. 12.30–14.00: Lunsj.

kl. 14.00–17.00: Foredragsmøter, anmeldte foredrag.

NORDIC SOLID STATE CONFERENCE 1966

Den andre nordiske konferanse om faste stoffers fysikk vil bli holdt 22.–26. august i år på Tylösands Havsbad ved Halmstad i Sverige. Konferansen er åpen for alle nordiske fysikere som arbeider med faste stoffers fysikk, men deltakerantallet er begrenset til 300 pluss et liknende antall familiemedlemmer. Fristen for påmelding og innsendelse av eventuelle foredrag er satt til 1. mai. Nærmere opplysninger kan fås ved henvendelse til:

Elisabeth Törnesten,
Fysiska institutionen
Chalmers tekniska högskola,
Gibraltarsgatan 5 B,
Göteborg S.

Fra Fysikkens Verden

27. årgang
1965

NORSK FYSISKE SELSKAP
TRONDHEIM 1965

Fra Fysikkens Verden

Redaktør:

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

Redaksjonskomite:

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

Problempalten:

Siv.ing. Richard R. Solem, Trondheim

Teknisk medarbeider:

Laboratorieingeniør Halvard Torgersen, Trondheim

Norsk Fysisk Selskap

Formann:

Professor dr. Njål Hole

Styre:

Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Anders Omholdt
Professor dr. Harald Trefall
Dr. philos. Tormod Riste

Sekretær:

frk. Ingerid Woldhaug, Fysisk Institutt,
N. T. H., Trondheim.

INNHOLD

Hefte 1.

Nobelprisen i fysikk 1964	1
Fysikermøtet 1965	1
Ett forskningsinstitut för teoretisk fysik vid Helsingfors Universitet, <i>Lennart Simons</i>	2
Sommerkurser for fysikklektorer?	3
Nye medlemmer av Norsk Fysisk Selskap	3
Professor Leif Tronstad, <i>Wilfred B. Mann</i>	4
Fra kontinuumsfysikk til stochastisk fysikk og kom- plementaritet, <i>J. P. Holtsmark</i>	6
AHA-spalten	12
Mössbauereffekten og dens mulige anvendelser i krystallografien, I. Mössbauereffekten, <i>Bjørn Pedersen</i>	13
Bryting i prismér, <i>Birger Styve</i>	17
Nordisk konferanse i faste stoffers fysikk, <i>Tore Olsen</i>	18
Victor Francis Hess 1883–1964, <i>K. J. Knutsen</i>	19
Brev fra leserne	20
Bøker	20

Hefte 2.

Hva er en kritisk reaktor? <i>Eigil Andersen</i>	21
Newton og prismet, <i>J. A. Lohne</i>	28
Nye medlemmer av Norsk Fysisk Selskap	30
Mössbauereffekten og dens mulige anvendelser i krystallografien, II, Anvendelser, <i>Bjørn Pedersen</i>	31
Fysikermøtet 1965 (referater)	36
Bøker	43

Hefte 3.

Kvantefysikk og indeterministisk naturbeskrivelse, <i>Steingrim Skavlem</i>	45
Supraledning, <i>Jens Feder</i>	51
Spredte betrakninger om fisyonsfysikk, <i>Ingar Singstad</i>	59
Pieter Zeeman (1865–1943) og Zeeman-effekten, <i>K. Jostein Knutsen</i>	63
De første undersøkelser av røntgenstrålene. W. H. Bragg og W. L. Bragg, <i>Jostein Knutsen</i>	64
Brev fra leserne	66
Bøker	66

Hefte 4.

Egil A. Hylleraas, in memoriam, <i>Harald Wergeland</i>	69
Nobelprisen i fysikk 1965, <i>Haakon Olsen</i>	71
AHA-spalten	71
Forskning, universitet og forskningspolitikk, <i>Bertel Grimeland</i>	72
Den første internasjonale konferanse i medisinsk fysikk, <i>Svein Åtland</i>	75
Radiostøyen fra Jupiter, <i>Halvard Torgersen</i>	77
Niels Bohr: Fysikeren og naturfilosofen, <i>Kristoffer Gjøterud</i>	85
Bøker	92

Bokanmeldelser, *hefte 1.*

R. Balescu: Statistical Mechanics and Charged Particles.	1
B. M. Parker: Satellitter og romreiser.	1

Hefte 2.

O. S. Heavens: Optical Masers.	3
D. K. C. MacDonald: Nær null.	4
Martin Gardner: Relativitet for millioner.	6
Franklyn M. Branley: På vei til månen.	12
Rene Dubos: Pasteur og vor Tids Videnskab.	12
Robert Galambos: Nerver og muskler.	13
B. S. Ratner: Accelerators of Charged Particles.	17
Erik Løfgren: Formler og tabeller.	17
Irving Kaplan: Nuclear Physics, 2nd edition.	17

Hefte 3.

Irving Adler: Den nye matematikken.	19
Philip M. Morse: Thermal Physics.	20
K. S. Davis og J. A. Day: Vann, vitenskapens speil.	20
J. Mathews og R. L. Walker: Mathematical Methods of Physics.	21
A. P. Kapustin: The Effects of Ultrasound on the Kinetics of Crystalization.	28
D. H. Frisch og A. M. Thorndike: Elementary Par- ticles.	30
C. E. Swartz: The Fundamental Particles.	31

Hefte 4.

Supplement til anm. av «Vann» i hefte 3.	36
D. I. Blokhintsev: Quantum Mechanics.	43
A. B. Arons: Development of Concepts of Physics.	45
K. J. Dean: Transistors, theory and circuitry.	51
Kosmos 1964.	51
D. R. Griffin: Å se med hørselen.	51
H. Alfven: Atomet–mennesket–universet.	59
P. Bergvall: Att studera fysik.	59
R. Dobos: Louis Pasteur.	63
S. D. Henriksen: Immunitet.	63
I. Asimov: Blodet, livets elv.	64
L. C. Dunn og Th. Dobzhansky: Arv. rase og samfunn.	66
Freud: Psykoanalysen.	66
T. S. Littler: The Physics of the Ear.	66

FORFATTERREGISTER

<i>Andersen, Eigil</i> : Hva er en kritisk reaktor	21	<i>Lundby, Arne</i> : (bokanm.) B. S. Ratner: Accelerators of Charged Particles	44
<i>Bakke, Finn</i> : (bokanm.) I. Adler: Den nye matematikken	66	<i>Mann, Wilfred B.</i> : Professor Leif Tronstad	4
— (bokanm.) R. Dobos: Louis Pasteur	95	<i>Olsen, Haakon</i> : Nobelprisen i fysikk 1965	71
— (bokanm.) S. D. Henriksen: Immunitet	95	— (bokanm.) D. I. Blokhintsev: Quantum Mechanics	93
— (bokanm.) I. Asimov: Blodet, livets elv	95	— (bokanm.) A. B. Arons: Development of Concepts of Physics	93
— (bokanm.) L. C. Dunn & Th. Dobzhansky: Arv, rase og samfunn	95	<i>Olsen, Tore</i> : Nordisk konferanse i faste stoffers fysikk	18
— (bokanm.) Freud: Psykoanalysen	95	<i>Pedersen, Bjørn</i> : Mössbauereffekten og dens mulige anvendelser i krystallografien, I. Mössbauer-effekten	13
<i>Feder, Jens</i> : Supraleddning	51	— Anwendelser	31
<i>Gjævenes, Kjell</i> : (bokanm.) T. S. Littler: The Physics of the Ear	96	<i>Riste, Tormod</i> : (bokanm.) H. Alfvén: Atomet-mennesket–universet	94
<i>Gjøtterud, Kristoffer</i> : Niels Bohr: Fysikeren og naturfilosofen	85	<i>Sandstad, Jakob</i> : (bokanm.) E. Löfgren: Formler och tabeller	44
— (bokanm.) R. Galambos: Nerver og muskler	44	<i>Simons, Lennart</i> : Ett forskningsinstitutt för teoretisk fysik vid Helsingfors Universitet	2
<i>Grasdalen, Hans</i> : (bokanm.) O. S. Heavens: Optical Masers	43	<i>Singstad, Ingar</i> : Spredte betraktninger om fisyons-fysikk	59
<i>Grimeland, Bertel</i> : Forskning, universitetet og forskningspolitikk	72	<i>Skavlem, Steingrim</i> : Kvantefysikk og indeterministisk naturbeskrivelse	45
<i>Halsteinslid, A.</i> : (bokanm.) D. H. Frisch & A. M. Thorndike: Elementary Particles	68	— (bokanm.) P. M. Morse: Thermal Physics	66
<i>Hauge, Eivind Hås</i> : (bokanm.) C. E. Schwartz: The Fundamental Particles	69	— (bokanm.) J. Mathews & R. L. Walker: Mathematical Methods of Physics	67
<i>Hemmer, Per Chr.</i> : (bokanm.) R. Balescu: Statistical Mechanics of Charged Particles	20	<i>Steensholt, Gunnar</i> : (bokanm.) R. Dubos: Pasteur og vor Tids Videnskab	44
<i>Hole, Njål</i> : (bokanm.) Kosmos 1964	94	<i>Styve, Birger</i> : Bryting i prismaer	17
<i>Holtzman, J. P.</i> : Fra kontinuumsfysikk til stochastisk fysikk og komplementaritet	6	<i>Svare, Ivar</i> : (bokanm.) D. K. C. MacDonald: Nær null	43
<i>Knutsen, K. Jostein</i> : Victor Francis Hess 1883–1964	19	<i>Sørum, Harald</i> : (bokanm.) K. S. Davis & J. A. Day: Vann, vitenskapens speil	67
— Pieter Zeeman (1865–1943) og Zeeman-effekten	20	— (bokanm.) A. P. Kapustin: The Effects of Ultrasound on the Kinetics of Crystallization	68
— De første undersøkelser av røntgenstrålene, W. H. Bragg og W. L. Bragg	43	<i>Torgersen, Halvard</i> : Radiostøyen fra Jupiter	77
— (bokanm.) B. M. Parker: Satellitter og romreiser	43	— (bokanm.) K. J. Dean: Transistors, theory and circuitry	94
— (bokanm.) M. Gardner: Relativitet for millioner	95	<i>Wergeland, Harald</i> : Egil A. Hylleraas in memoriam Østgaard, Erlend : (bokanm.) I. Kaplan: Nuclear Physics	69
— (bokanm.) F. M. Branley: På vei til månen..	28	— (bokanm.) Åtland, Svein: Den første internasjonale Konferanse i medisinsk fysikk	44
— (bokanm.) P. Bergvall: At studera fysik	92		75
<i>Kringlebotten, Magne</i> : (bokanm.) D. R. Griffin: Å se med hørselen			
<i>Lohne, J. A.</i> : Newton og prismet			
<i>Lund, Einar Wang</i> : Supplement til bokanm. Davis & Day: Vann			

Reaksjoner mellom komplekse kjerner

Del 1

Svenn Lilledal Andersen

Selv om Rutherford startet eksperimentell kjernefysikk med å benytte α -partikler til sine forsøk, kan vi likevel si at studiet av reaksjoner mellom komplekse kjerner er et forholdsvis nytt felt av kjernefysikken.

Med reaksjoner mellom komplekse kjerner tenker vi på reaksjoner indusert av akselererte tunge ioner, der tunge ioner er ioniserte partikler med masser tyngre eller lik α -partikler. Tunge ioner kan akselereres i cyklotroner, lineærakseleratorer og Van de Graaff-maskiner. Blant disse er nok Tandem Van de Graaff-maskinen den mest fleksible, og vi ser gjerne at en slik maskin kommer til Oslo. Det gjøres en mengde forskjellige typer av eksperimenter med tunge ioner. Blant dem kan nevnes elastisk og uelastisk spredning, overføring av en eller flere nukleoner, Coulomb eksitasjon, compound-kjernereaksjoner og en rekke eksperimenter innen kjernekemi.

For å få et lite inntrykk av problemstillingen ved reaksjoner mellom komplekse kjerner, skal vi plukke ut noen sentrale typer av eksperimenter, og se hvilke informasjoner vi venter å få fra dem.

Diskusjonene om å anvende tunge partikler til kjernefysiske undersøkelser startet før alvor rundt 1950. I Berkeley dannet de transuraner ved hjelp av akselererte ^{12}C ioner. I 1952 publiserte Breit [1] og medarbeidere et arbeide der de sammenfatter diskusjonen om anvendelsen av tunge ioner. De diskuterte hva en kan vente seg av reaksjoner, hvilke informasjoner en får.

Det som mest fanget Breits interesse var fisioneksperimenter og direkte reaksjoner. Han var klar over at en med tunge ioner kunne gjøre viktige fisioneksperimenter som neppe var mulige å gjøre med lettere ioner. Likeså

at en med tunge ioner kunne få til overføring av flere nukleoner. Men mulighetene har vist seg å være langt større enn de Breit og medarbeidere på den tiden tenkte seg.

Reaksjoner mellom komplekse kjerner er fremdeles et såpass nytt felt innen kjernefysikken at mange eksperimenter er forholdsvis enkle og oversiktlig. Vi er foreløpig tilbake til at både de tunge ionene og targetkjernene kan betraktes som mer eller mindre runde kuler. Det vil si at vekselvirkningen mellom dem kan betraktes klassisk. Med klassisk betraktning menes i denne forbindelse at bølgepaketten som representerer de tunge ionene, rekker over en distanse som er liten sammenlignet med en eller annen karakteristisk avstand i en kjernereaksjon. Den karakteristiske avstand kan være den korteste avstand mellom sentrene av to kolliderende kjerner:

$$a = Z_1 Z_2 \cdot e^2 / E$$

der Z_1 og Z_2 er antall elektroner i hver av kjernene, e er elektronets ladning og E den kinetiske energi av det tunge ionet. Størrelsen av bølgepaketten er gitt ved den reduserte de Broglie bølgelengde:

$$\lambda = \hbar / \mu v$$

der μ er redusert masse av prosjektiilet og targetkjernen, v den relative hastighet av det tunge ion. Kollisjonen kan betraktes klassisk dersom forholdet:

$$\frac{a}{\lambda} = \eta = Z_1 Z_2 e^2 / \hbar v \gg 1$$

Denne betingelsen er vanligvis oppfylt.

En umiddelbar konsekvens av det klassiske kollisjonsbilledet er at vi ved en enkel beskrivelse kan få informasjon om vekseivirkningsavstandene mellom kjernene, og om den diffuse kjerneoverflaten.

En annen grunnleggende egenskap ved tunge ioners vekselvirkning er at vi kan oppnå meget høye verdier for baneimpulsmomentet i to-kernesystemet. Dette kan også sees ut fra den klassiske betrakning av kollisjonen. Vi kan godt operere med et ^{16}O ion i vekselvirkning med gull, der impulsmomentet kan være 96 \hbar .

Reaksjonene indusert av tunge ioner kan deles i de samme to grupper som er vanlige i den ordinære kjernefysikk, nemlig overflatereaksjoner og reaksjoner inne i kjernen. Disse typer av reaksjoner kan for enkelthets skyld assosieres med banene de tunge ioner antar ved vekselvirkningen med en atomkjernen. Ionet kan 1) gå forbi, 2) treffe rett på, eller 3) streife overflaten. Figur 1 viser en skjematisk fremstilling av disse baner.

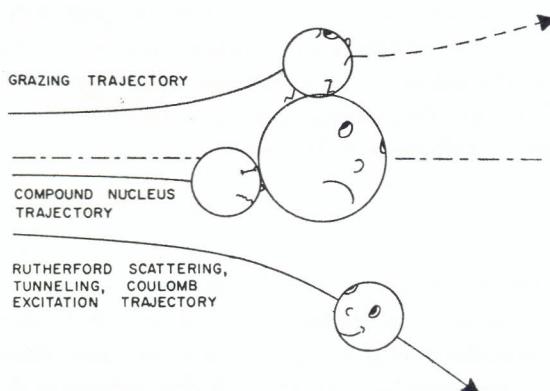


Fig. 1. System av vekselvirkende kjerner. (ref. 2).

Hvilken bane ionet vil gå, vil være avhengig av den kinetiske energi av ionet, og ladningen av begge de kolliderende kjernene. Vekselvirkningen mellom kjernene vil være forskjellig ved de tre idealiserte baner, og vi kan få en reaksjon av den ene eller annen type. Dersom energien på den bombarderende partikkel er lik eller mindre enn Coulomb-barriieren i targetkjernen, vil vi få reaksjoner av typene: Rutherford spredning, Coulombeksitasjon, eller overføring av en lettere partikkel som nøytron eller proton

ved en prosess som i forbindelse med tunge ioner betegnes med «tunneling». Er den kinetiske energi og støtparameter på ionet tilpasset slik at det kan streife overflaten, eller trenge inn i targetkjernen, er det mulig å overføre en rekke enkeltpartikler og clustere. For mindre støtparametre og høyere energier, øker sannsynligheten for innfangning av hele ionet, og vi kan blant annet få dannet en compoundkjerne.

Vi skal se på en del typiske eksperimenter som vil vise hvordan en til nå har angrepet problemene.

Elastisk spredning.

Her kan vi starte med rett og slett å se på kinematikken i problemet, uten å trekke inn noe som helst om den indre strukturen av kjernen. Hvis dette viser seg å gi fullgod overensstemmelse med de eksperimentelle data, er det unødvendig å trekke inn i prosessen effekter fra det indre av kjernen. Blair angrep problemet slik: Han beskrev den elastiske spredning semiklassisk, ved å forlange at kjernen skulle være fullstendig absorberende ut til en viss avstand, karakterisert ved et bestemt impulsmoment l' i to-kernesystemet. For større l forekommer ingen absorpsjon.

Formelt kan dette skrives ved det differensielle virkningstverrsnitt: $\sigma(\theta)$ [3]

$$\sigma(\theta) = \left| \frac{-\eta}{2k \sin^2 \theta/2} \cdot e^{-i \eta \ln \sin^2 \theta/2} - e^{2i\theta} \right|^2$$

$$-\frac{1}{2ik} \sum_{l=0}^{l'} (2l+1) e^{2i\delta_l} P_l(\cos \theta)$$

δ_l faseskift for ren Coulombspredning, k bølgetallet, $P_l(\cos \theta)$ Legendre polynomer.

Amplituden for elastisk spredning er derved lik amplituden for Coulomb-spredning minus det bidraget i Coulombspredningen som kommer fra alle utgående bølger med $l \leq l'$, da de totalabsorberes. Det blir en skarp avkutting ved l' . Vi får bare en parameter til rådighet ved tilpassing til de eksperimentelle data.

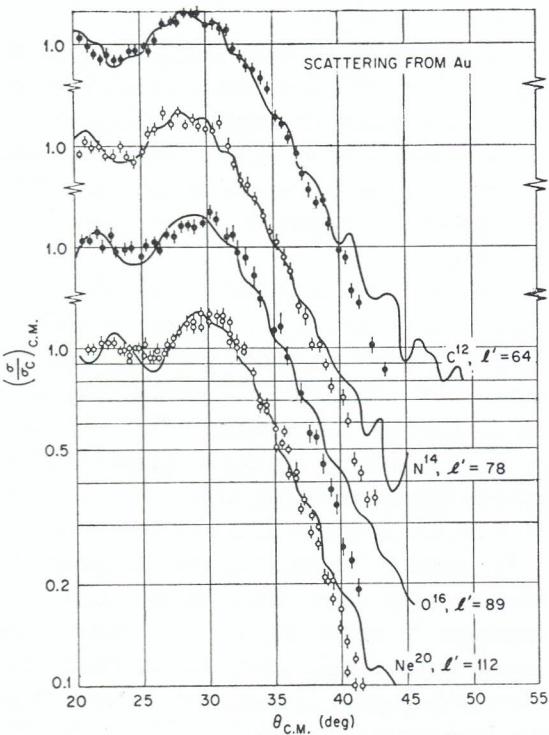


Fig. 2. Forholdet $\frac{\sigma}{\sigma_c}$ for ^{12}C , ^{14}N , ^{16}O og ^{20}Ne spredt på gull ved energi 10 MeV/nucleon. De heltrukne kurvene er Blair-modell tilpassing for beste verdier. (ref. 3).

Dersom vi får tilpassing til dataene, vil vi kunne bestemme vekselvirkningsavstanden R ved hjelp av en enkel energibetraktnng:

$$l'(l'+1) h^2 = 2\mu R^2 (E_{CM} - E_B)$$

det vil si at: $l'^2 \sim R^2 v^2$, E_{CM} er energien i

tyngdepunktsystemet og $E_B = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{R}$, dvs. Coulombbarrieren. Vekselvirkningsavstanden har sammenheng med den empiriske konstant r_0 gjennom:

$$R = r_0 (A_1^{\frac{1}{3}} + A_2^{\frac{1}{3}})$$

A_1 og A_2 er massetallene for de to kjernene.

Vi får på denne måten verdier for denne empiriske konstant. De verdier vi får for r_0 med denne metoden ligger i området 1,4–1,5 (10^{-13} cm).

Den eksperimentelle måleoppstilling er meget enkel. De tunge ionene spres mot et target og vi mäter vinkelfordelingen av de elastisk spredte partiklene. Virkningstverrsnittet for Coulombspredningen kan vi også beregne, og så sette opp forholdet $(\frac{\sigma}{\sigma_c})$ som funksjon av vinkelen θ , målt i forhold til den innkommende ionestråle.

På figur 2 er det beregnede virkningstverrsnitt sammen med de eksperimentelle punkter tegnet opp for elastisk spredning av ^{12}C , ^{14}N , ^{16}O og ^{20}Ne mot gull. Verdiene for impulsmoment l' i Blairmodellen for best tilpassing er skrevet ved hver kurve. Som vi ser gir denne enkle beskrivelsen en god tilpassing for vinkler i området 20–40°. For vinkler større enn ca. 40° sees noen oscillasjoner i de teoretiske kurver som ikke er i samsvar med målingene, og tilpassingen til dataene blir dårligere ettersom vinkelen øker.

For å få tilpassing for alle vinkler er altså den enkle Blair-modellen ikke tilstrekkelig. Ved større vinkler er det tydelig at det ligger noe mer i problemet, og det neste fremstøt blir å trekke inn en parameter som kan beskrive virkningen fra det indre av kjernen.

En enkel modifikasjon av modellen vil være å innføre en diffus overflate på kjernen. De teoretiske parametrene for tilpassing til de eksperimentelle data blir da l' og Δl . Disse er forbundne med vekselvirkningsavstanden R og kjernens diffuse overflate $\Delta R/R$ ved relasjonene: [4]

$$\begin{aligned} l'(l'+1) &= \varrho (\varrho - 2\eta) \\ (2l'+1) \Delta l &= 2\varrho (\varrho - \eta) \frac{\Delta R}{R} \end{aligned}$$

der $\varrho = R/\lambda$, $2\pi\lambda$ er de Broglie bølgelengden. Denne modifikasjon av modellen skyldes McIntyre.

Ser vi på figur 3, er forskjellen av de to modellene helt tydelig. Eksperimentet er spredning av ^{12}C mot Ta ved kinetiske energier på 120 MeV. Verdiene av l' ved tilpassing er ført på figuren. Det er en tydelig forskjell for

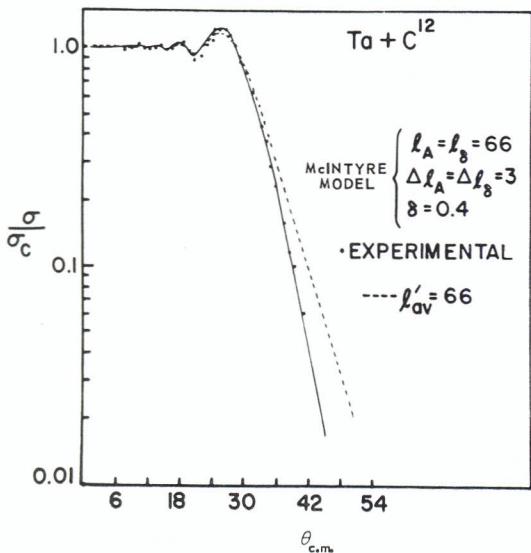


Fig. 3. Forholdet $\frac{\sigma}{\sigma_c}$ for ^{12}C mot Ta. Prikket kurve er Blair-modell tilpassing og heltrukken kurve, McIntyre tilpassing. (ref. 5).

vinkler over ca. 35° , mens begge de teoretiske kurvene beregnet etter Blair og McIntyre modellen følger hverandre ganske godt ved mindre vinkler.

Ved å innføre $\Delta R/R$ i analysen av de eksperimentelle data er det lykkes å få en god tilpassing. Det er i og for seg ikke så overraskende, fordi det er selvfølgelig lettere å tilpasse en kurve når en har to frie parametere til rådighet, istedenfor bare en. Men det er ikke en hvilken som helst tilfeldig parameter som er satt inn i analysen. Det interessante i denne forbindelse er at den nye parameteren vil beskrive den ytre del av kjernen. De effektene som vil spille en rolle for overflatetykkelsen ΔR vil blant andre være spin-bane vekselvirkningen, fasongen av de vekselvirkende kjerner og halene på kjernekonsentrasjonene.

For bedre å forstå betydningen av parameteren $\Delta R/R$ ble det gjort et forsøk for å se om en virkelig kunne måle forskjeller i overflaten fra en kjerne til en annen. Eksperimentet ble da satt opp slik at η og l' var tilnærmet konstante i de to tilfellene og variasjonen ville bare skyldes endring i $\Delta R/R$. En valgte å spre ^{16}O på ^{208}Pb og ^{19}F på ^{159}Tb : Ved

å tilpasse energien av de bombarderende partikler kan en få disse betingelsene oppfylt. Både ^{16}O og ^{208}Pb har fylte energiskall og har hva en kaller dobbelt magiske nukleontall. De ventes derfor å ha en ganske skarpt avgrenset overflate, mens de to andre ikke har fylte energiskall og ventes å ha en mer diffus overflate.

Resultatet viste at en fikk en signifikant forskjell i forholdet $\Delta R/R$. Noe en ser godt av figur 4. Dersom en hadde greid seg med det samme forholdet $\Delta R/R$ i tilpassingen, ville de to kurvene falt sammen. Det kan altså se ut til at det har mening å spørre eksplisitt etter en kjernes overflatesjikt ved slike målinger. Hva det kan føre til er ikke godt å si ennå.

En kunne tenke seg at en ved elastisk sprengning av tunge ioner ville få supplerende opplysninger til eksperimenter som gjøres med høyenergetiske elektroner, der en måler ladningsfordelingen i kjernen, og det ville åpne for interessante perspektiver. Nå er det slik

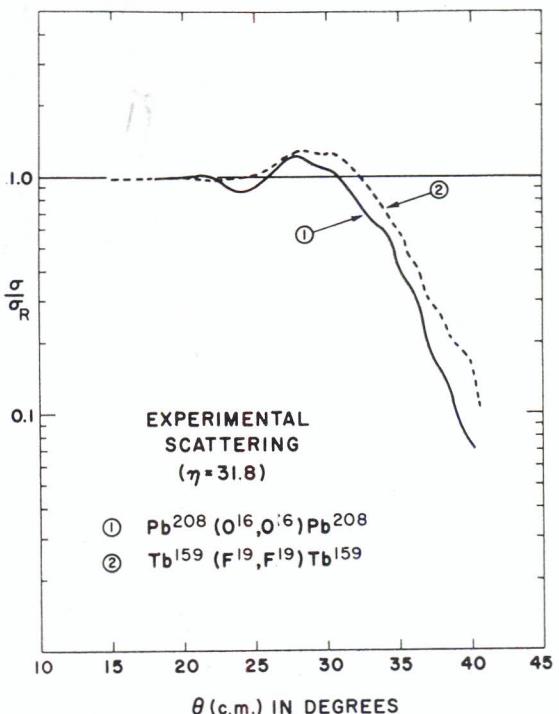


Fig. 4. Kurve 1 representerer tilpassinh til $(^{16}\text{O}, ^{208}\text{Pb})$ spredning og kurve 2 representerer tilpassig til $(^{19}\text{F}, ^{159}\text{Tb})$ spredning. (ref. 4).

at ved mer nøyaktige målinger har det vist seg at overensstemmelsen mellom teori og eksperiment ved de midlere og mindre vinkler ikke er fullt så god som det er gitt inntrykk av her. Hva disse uoverensstemmelser skyldes, er en ikke klar over. Det som i hvert fall er klart, er at det her ligger mange problemer både av eksperimentell og teoretisk art. I området for store vinkler blir virkningstverrsnittet meget lavt og dette området er ikke det minst interessante.

Direkte reaksjoner.

Med direkte reaksjoner menes reaksjoner der enkelte deler av kjernene reagerer med hverandre uten å gå veien om mellomkjerne. Anvendelsen av tunge ioner til kjernreaksjoner har ført til en veldig utvidelse av denne type reaksjoner, fordi vi kan tilføre deler av kjernen en mye høyere energi, og mye større impulsmomenter. Videre kan vi nær sagt få overført et hvilket som helst antall enkelt-nukleoner og clustere fra en kjerne til en annen.

Selve reaksjonsprosessen kan vi beskrive ved å tenke oss de innfallende ioner ved passende energier følger Coulomb-baner, eller streifer overflaten av targetkjernen, eller også trenger delvis inn i kjernen. Når gapet mellom de to kjernene blir lite nok kan en eller flere nukleoner utveksles. Og dess mindre av-

standen mellom sentrene av kjernene blir, jo større er sannsynligheten for overføring av flere nukleoner.

Den eksperimentelle måleoppgave kan være å måle hvilken bane som gir maksimal sannsynlighet for overføring av et bestemt antall nukleoner, det vil si å bestemme det differensielle virkningstverrsnittet $\frac{d\sigma}{d\Omega}$.

Den reaksjon vi kjenner best er overføringen av et nøytron fra ^{14}N til en annen kjerne og ^{14}N går så over til ^{13}N , som er radioaktiv, med halveringstid på 10 minutter. Den er derfor meget enkel å identifisere. En av de største vanskelighetene eksperimentelt sett, er nemlig å identifisere de ønskede partikler, fordi det som regel er mange forskjellige reaksjoner som konkurrerer med hverandre.

På figur 5 ser vi hvordan en måleserie kan set ut. ^{197}Au blir bombardert med ^{14}N ioner av forskjellige energier, og et nøytron springer over og det dannes ^{198}Au . Abscissen er vinkelen målt i tyngdepunktsystemet, og ordinaten det differensielle virkningstverrsnittet $\frac{d\sigma}{d\Omega}$. For en bestemt kinetisk energi på de innfallende ioner, får vi maksimal overføring ved en ganske bestemt Coulomb-bane.

(Fortsettes i neste hefte)

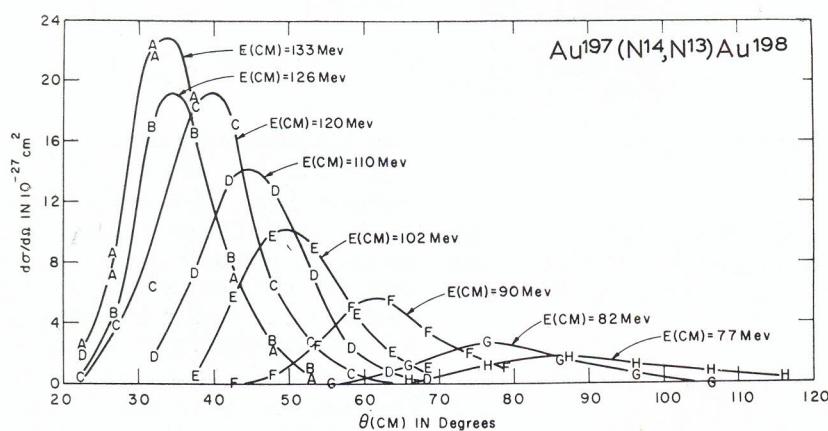


Fig. 5. $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ for overføring av et nøytron i reaksjonen:

$^{197}\text{Au}(^{14}\text{N}, ^{13}\text{N})^{198}\text{Au}$. (ref. 6).

Kvasistasjonær forskyvningsstrøm og magnetfelt

Jacob Sandstad

Mange lærebøker i fysikk inneholder feilaktige eller misvisende påstander om den magnetiske virkningen av elektrisk forskyvningsstrøm.

I en artikkel i Am. Journ. of Physics har French og Tessman [1] pekt på noen av de fallgruber som fysikkpedagoger lettest faller i.

Det følgende er i det vesentlige referat fra denne artikkelen. Det forutsettes kvasistasjonære tilstander, dvs. at strålingsfelter kan negligeres. For å forenkle argumentasjonen forutsettes også at ledningsstrømmene enten flyter i ideelle ledere, eller består i en svak lakkasje gjennom dielektrikum, og hele rommet utenfor lederne er fylt av et materiale med konstant dielektrisitets-koeffisient.

Den magnetiske induksjon B kan beregnes ved flere forskjellige likeverdige metoder:

I) Beregning ut fra ledningsstrøm alene ($\textcircled{3}$: transport av reelle ladninger) ved hjelp av Biot og Savarts lov:

$$(1) \quad \dots \mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\mathbf{J}(\mathbf{r}') \times (\mathbf{r} - \mathbf{r}') d\tau'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3}$$

der $\mathbf{J}(\mathbf{r}')$ er strømtetthet og $d\tau'$ er et volum-element ved \mathbf{r}' .

II) Beregning ved hjelp av Maxwells ligning:

$$(2a) \quad \dots \text{curl } \mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{J} + \dot{\mathbf{D}})$$

der \mathbf{J} og $\dot{\mathbf{D}}$ er henholdsvis tetthet av ledningsstrøm og forskyvningsstrøm. Istedekontrast til den siste ligningen brukes ofte integralformen

$$(2b) \quad \oint_{S} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \int_S (\mathbf{J} + \dot{\mathbf{D}}) \cdot d\mathbf{S}$$

som kan betraktes som en generalisering av Amperes lov, og viser at linjeintegralet av \mathbf{B} langs en lukket kurve er proporsjonalt med

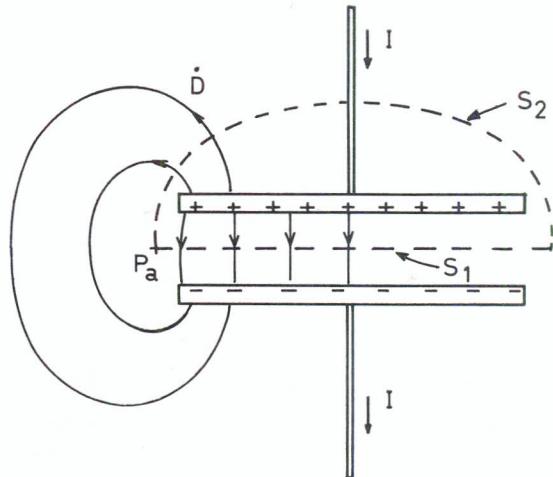


Fig. 1. Forskyvningsstrøm ved oppladning av en kondensator.

summen av ledningsstrøm og forskyvningsstrøm gjennom en flate S , som er begrenset av den lukkede kurven.

I lign. (2a) og (2b) inngår forskyvningsstrømmen formelt i uttrykket for B , men siden det forutsettes kvasistasjonære felter, vil forskyvningsstrømmen ikke gi noe bidrag til magnetfeltet. Dette fremgår tydeligere av ligningen:

$$(3) \quad \dots \mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\text{curl } \mathbf{J}(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} d\tau'$$

som kan utledes fra likning (2a).

$\mathbf{J}(\mathbf{r})$ kan her omfatte forskyvningsstrømtettheten $\dot{\mathbf{D}}(\mathbf{r})$, men den gir ikke noe bidrag til B , fordi D -feltet under kvasistasjonære forhold er gitt av ladningsfordelingen i rommet, slik at D kan avledes av et potensial, og $\text{curl } \mathbf{D} = 0$. (Under kvasistasjonære forhold vil tidsavhengige forløp ha samme fase i hele rommet, slik at også $\text{curl } \dot{\mathbf{D}} = 0$).

Denne teorien er klart formulert allerede i klassisk litteratur (bl. a. av Max Planck [2]), og de problemene som skal omtales her, dukker først opp når teorien skal illustreres ved konkrete eksempler.

Eks. 1. Oppladning av en kondensator.

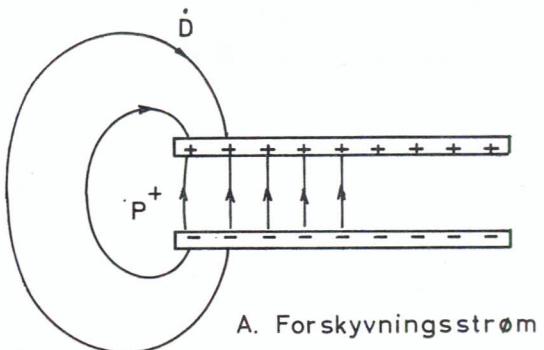
Vi betrakter en platekondensator som lades med strømstyrke I , og ønsker å finne magnetfeltet i punktet P_a like utenfor platene i et plan midt mellom dem. (Fig. 1). Til sammenlikning kan vi studere feltet i et punkt P_b med like stor avstand fra en sammenhengende rett leder som også fører en strøm I .

Beregning ved hjelp av Biot og Savarts lov viser at den magnetiske induksjon i P_a er litt mindre enn i P_b på grunn av at ledningsstrømmen er brutt over en strekning som tilsvarer avstanden mellom platene. Det samme resultatet finnes ved beregning ut fra likning (2b). Den totale forskyvningsstrøm mellom kondensatorplatene er lik ledningsstrømmen I , men hvis integrasjonen foretas over flate nr. 1 i figuren, vil den ikke omfatte hele forskyvningsstrømmen, idet spredefeltene faller utenfor konturen. Velges isteden en integrasjon over flate nr. 2, vil integrasjonen omfatte ledningsstrømmen I med fradrag for den del av forskyvningsstrømmen som er knyttet til spredefeltet, altså igjen samme resultat.

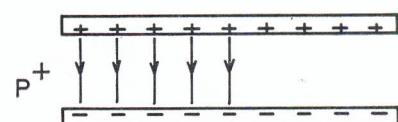
Det blir ofte hevdet at magnetfeltet i P_a er like sterkt som i P_b fordi forskyvningsstrømmen mellom kondensatorplatene erstatter ledningsstrømmen over en tilsvarende ledningslengde, men dette er galt. Forskyvningsstrømmen gir ikke noe bidrag til magnetfeltet. Formelt består feilen i at man neglisjerer spredefeltet, som riktig nok bare utgjør en liten del av den totale fluks, men representerer en reduksjon i fluksen som nøyaktig tilsvarer den ledningslengden som mangler i strømlederen.

Eks. 2. Det neste eksemplet er den populære kondensator med lekkasjestrom.

En platekondensator lades opp, og ledningene fjernes. Derefter blir området mellom platene gjort svakt ledende (f. eks. ved ioniserende stråling), og kondensatoren lader seg ut. (Fig. 2). Hvor sterkt blir magnetfeltet f. eks. i punktet P ? Når kondensatoren lades ut, vil lekkasjestrommen og forskyvningsstrømmen ha motsatt retning i området mellom platene, og det er vanlig å konkludere med at magnetfeltet blir lik null. Men det er ikke riktig. Hvis lekkasjestrommen er begrenset til området mellom platene, vil den gi et magnetfelt i P som kan beregnes v. hj. a. Biot og Savarts lov, og dette er det resulterende felt. Forskyvningsstrømmen, som delvis går mellom platene og delvis er knyttet til spredefeltet utenfor platene, gir ikke noe bidrag til magnetfeltet.



A. Forskyvningsstrøm



B. Lekkasje-strøm

Fig. 2. Kondensator med lekkasjestrom.

Begrunnelsen er den samme som i forrige eksempel.

Et spesielt tilfelle som kan være interessant, er når dielektrikum både mellom platene og utenfor har samme ledningsevne. Da vil lekkasjestrommen få samme romlige fordeling som forskyvningsstrømmen, men med motsatt retning. I dette tilfelle blir magnetfeltet lik null, men ikke fordi bidragene fra lekkasjestrom og forskyvningsstrøm kansellerer hverandre, men fordi disse bidrag hver for seg er lik null! Ved denne romlige fordeling av lekkasjestrommen er nemlig også $\text{curl}(\mathbf{J}_{\text{lekk}}) = 0$, og ifølge likn. (3) vil den da ikke gi noe bidrag til magnetfeltet.

Det presiseres at disse betrekningene gjelder for kvasistasjonære felter, og ikke på noen måte reduserer betydningen av forskyvningsstrømmen under ikke-stasjonære forhold. Teorien er klar og entydig, men man må være meget forsiktig ved valg av eksempler for å illustrere den.

Litteratur :

- [1] A. P. French & J. R. Tessman : Am. Journ. of Physics **31**, 201, (1963).
- [2] Max Planck : Einf. Theor. Physik Bd. III (Hirzel, Leipzig 1928).

Nordisk symposium i elementærpartikkelfysikk

Olaf Skjeggestad.

Det første møte for nordiske elementærpartikkelfysikere ble arrangert i København i november 1964, hvor det ble vedtatt at slike sammenkomster burde organiseres regelmessig for drøfting av samarbeidsoppgaver og utveksling av resultater. Det andre møte ble holdt i Stockholm 10. og 11. mai 1965 og det tredje i rekken ble avholdt i år på Spåtind Høyfjellshotell, Øst Torpa fra 9. til 15. januar. Dette symposium ble arrangert av Fysisk Institutt ved Universitetet i Oslo med Cand. real. A. G. Frodesen og sivilingeniør J. Løvseth som arrangementskomite. Det ble gitt økonomisk støtte fra Norges Teknisk Naturvitenskapelige Forskningsråd, Norsk Fysisk Selskap og CERN. Det deltok i alt 65 fysikere, noen med sin familie, fra Danmark, Finnland, Sverige og Norge.

I motsetning til de to første symposiene ble hovedvekten denne gang lagt på oversiktsteknologi om de nyeste eksperimentelle resultater og teoretiske ideer innefor elementærpartikkelfysikken. I alt 17 timer ble disponert for oversiktsteknologi mens bare ca. 4 timer for presentasjon av innsendte bidrag. Dessuten ble 4–5 timer benyttet til diskusjon av samarbeide om automatisk utmåling av boblekammerfilm.

De inviterte foredragsholderne var professorene J. S. Bell og A. Lundby, CERN; J. Steinberger, Columbia University og CERN; og W. Thirring, Wien. Sistnevnte gav først en oversikt over det matematiske grunnlaget for de høyere symmetriene for elementærpartikkler, SU_3 og SU_6 , og sammenliknet deretter teoretiske forutsigelser med eksperiment. Tilslutt ble quark-modellen drøftet. Hvis elementærpartikklene kan gruppere i SU_3 eller SU_6 multipletter, som er høyere multipletter enn de mer velkjente 1-spinn (eller SU_2) multipletter, kan alle elementærpartikklene naturlig tenkes oppbygget fra bare 3 fundamentale partikkler — quarker. Alle quarker har spinn $\frac{1}{2}$. To av dem har elektrisk ladning som er $1/3$ av elektronets ladning og den tredje har — $2/3$ av elektronets ladning. På grunn av den uvanlige ladningsmengde skulle

quarkene være lett å skille eksperimentelt fra andre partikler særlig siden minst én ventes å være stabil. Quarker er imidlertid hittil ikke blitt påvist eksperimentelt på tross av iherdig jakt de siste par årene; det er bare bestemt en nedre grense for deres masse på omkring $5 \text{ GeV}/c^2$.

A. Lundby redegjorde for forskjellige problemer i forbindelse med eksperimenter for å studere sterke vekselvirkninger.

J. S. Bell og J. Steinberger tok begge utgangspunkt i det betydningsfulle eksperimentet til Christenson, Cronin, Fitch og Turley fra 1964, hvor de påviste at den langlivede (K_2°) komponenten av K° , \bar{K}° systemet desintegrerer til $\pi^+ \pi^-$ i ca. 0.2 % av alle tilfellene. En slik desintegrasjon er absolutt forbudt hvis CP kvantetallet er bevart — noe som ingen hadde funnet grunn til å tvile på tidligere. (C er ladningskonjugeringsoperatoren som bytter en partikel med dens antipartikel; P er paritetsoperatoren som speiler systemet om et punkt i rommet). Professor Bell drøftet de forskjellige teorier som er fremsatt det siste året for å forklare $K_2^\circ \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ uten å oppgi det gamle teorem om CP bevarelsen. Bl. a. har det vært foreslått at den langlivede partikkelen som er observert å disintegrere i $\pi^+ \pi^-$, ikke er K_2° men en hittil ukjent partikel. Professor Steinberger beskrev senere eksperimenter, bl. a. sitt eget eksperiment utført på CERN, som bekrefter resultatene til Christenson et al., og som videre utelukker flere av de fremsatte teoriene. Steinbergers eksperiment, som observerte interferensfemner mellom den langlivede partikkelen som går til $\pi^+ \pi^-$ og den kortlivede K_1° , ute lukker f. eks. teorien om at effekten observert av Christenson et al. skyldes tilstedsvarelsen av en ny og ukjent partikel. Situasjonen i dag er i korthet den at det synes vanskelig å unngå en teori hvor CP ikke lenger er et godt kvantetall.

Blant de 11 innsendte bidrag til symposiet vakte et foredrag av professor G. Ekspong, Stockholm om materie — antimaterie annihilasjon i universet som energikilde for visse radiostjerner og for quasarer spesielt stor interesse — det ble avsatt en egen nattsesjon for fortsatt drøfting av problemet og for at Ekspong kunne utdype teorien i mer detalj. Ekspongs beregninger bygger på Alfvéns teori for metagalakser (Rev. Mod. Physics, oktober 1965) hvor han antar at det fra «begynnelsen» var fullstendig symmetri mellom materie og antimaterie i universet, i overens-

Dr. Olaf Skjeggestad er førsteamanuensis ved Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

stemmelse med det en har lært fra elementærpartikkelleksperimenter de siste årene. Ekspong tok utgangspunkt i den empiriske energifordeling av mesoner fra proton — antiproton annihilasjon til beregning av energispektrene for de endelige desintegrasjonsprodukter — elektroner og nøytrinoer. Hvis annihilasjonene finner sted i et magnetfelt, vil elektronene avgive energi i form av synkroton-stråling. For passende styrke av et slikt magnetfelt blir frekvensspekteret for synkrotronstrålingen av samme form som de observerte spektra fra flere typer radiostjerner.

Allerede på det første nordiske møte av elementærpartikkelfysikere i København i 1964 ble det valgt en komite, med professor B. Ronne, Umeå som formann, til å utrede ønsker og muligheter for et nordisk samarbeide med henblikk på automatisk utmåling av boblekammerfilm. Bakgrunnen for dette bygger dels på erfaringer de siste årene om at det trengs et stadig økende antall målte begivenheter for å gjøre et eksperiment som er statistisk significant, og dels på prognosene fra U.S.A. og CERN som går ut på at det årlige tilskudd av interessante begivenheter som ønskes målt fordobles hvert tredje år i de neste 10 år.

Komiteen fremla et forslag til plan for et nordisk samarbeide — forslag til nordisk datasentral — i november 1965. Forslaget ble diskutert på Spåtind, og det var enighet blant deltakerne om hovedtrekkene av forslaget som kan skisseres slik: Det bør bygges i nordisk fellesskap en datasentral for utmåling av film fra boblekammer og gnistkammer eksperiment. Sentralen skal være en ren service-institusjon. Oppleting av interessante begivenheter på filmen såvel som bearbeidelse av fysisk observerbare størrelser fra målingene (fysikken) skal fortsatt foregå ved de respektive universiteter. Bare den rent rutinemessige og tildels møysommelige utmåling av selve begivenhetene, som i alle fall utføres av ikke-høykvalifisert personell, vil bli tatt hånd om av datasentralen.

En har valg mellom to forskjellige målesystemer, HPD (Hough Powell Device) og PEPR (Precision Encoding and Pattern Recognition Device), som begge har en målestabilitet som er 20–30 ganger større enn den som oppnås ved hjelp av halvautomatiske systemer av typen SOM. Prinsippene for de to målesystemer er i korthet følgende:

HPD benytter en mekanisk produsert lysstråle som beveger seg langs parallele linjer over boblekammerfilmen i likhet med TV-linjer. Lysstrålen spaltes i to deler i et delvis reflekterende speil slik at bare den ene delen går gjennom filmen og fokuseres på en fotomultiplikator som gir signal når lysstrålen treffer en boble på filmen. Den andre delen av lysstrålen fokuseres på et gitter for bestemmelse av nøyaktig posisjon. Slik registreres koordinatene for alle bobler på et billede — ca. 50 000 registreringer pr. billede. Koordinatene sendes til en elektronisk regnemaskin som så må kombinere informasjonen om boblene til spor og skille ut bakgrunn.

Også ved PEPR undersøkes filmen ved hjelp av en lysstråle, men i dette tilfelle produseres den av et katodestrålerør som kan dirigeres fra en elektronisk kontrollenhet slik at et hvert sted på filmen er direkte tilgjengelig på kommando fra kontrollenheten. Videre kan lysstrålen trekkes ut ved hjelp av en magnet til en lyslinje som kan innstilles med ønsket helning slik at en kan direkte detektere segmenter av partikkelspor på filmen og med en gang få noen informasjon om deres retning.

Oppbyggingskostnaden for begge alternativer vil bli omkring 5 mill. kr., eksklusive elektronisk regnemaskin, og skal fordeles mellom landene i forhold til nasjonalinntekten, dvs. 14.7 % på Norge. Begge systemer vil kreve ca. 15 fysikere og ingeniører i oppbyggingstiden som antas å bli ca. 2 år for HPD og 2.5 år for PEPR.

Hvilket av de to systemer en bør velge, er på det nåværende tidspunkt vanskelig å avgjøre. HPD som er utviklet ved Brookhaven og CERN, har vært i drift i nærmere ett år, men forutsetter at de begivenheter og spor som skal måles på forhånd er temmelig nøyaktig lokalisert på filmen. PEPR som utvikles ved Massachusetts Institute of Technology, er enda ikke benyttet i et virkelig eksperiment. En håper at effektiviteten av begge systemer kan saklig vurderes så tidlig at en kan gjøre et valg og starte oppbygningen senest i 1967. Avgjørelse om hvor sentralen skal plasseres håper en kan tas innen kort tid. Av betydning her er mulighetene for passende lokaler såvel som tilgang til en middels stor elektronisk regnemaskin ved det universitetet hvor sentralen legges.

Det neste nordiske symposium i elementærpartikkelfysikk vil bli arrangert i Joensuu i Finnland i august i år.

Brev fra leserne

ER ASTRONAUTER VEKTLØSE?

I et ellers utmerket leserbrev i «Fra Fysikens Verden», nr. 3, 1965, forekommer som en sidebemerkning følgende påstand: «I dag, da selv folkeskolelever vet at kosmonauten mister sin vekt når han er kommet i satellittbanen,». Dette er en sorgelig misforståelse, som jeg synes bør korrigeres når den nå har klart å snike seg inn også i dette tidsskrifts spalter.

Med et legemes vekt forstår vi i snever forstand den gravitasjonskraft hvormed jorden virker på legemet, og i mer generell forstand den gravitasjonskraft som et vilkårlig himmellegeme måtte utøve på legemet. Vektløs kan en gjenstand derfor bare bli dersom den befinner seg så langt vekk fra alle himmellegemer at deres gravitasjonsvirkning på gjenstanden kan neglisjeres. Det er ganske klart at dette er ikke tilfelle med en astronaut som beveger seg i satellittbane omkring jorden.

Fra en lekmanns synspunkt er det merkverdigste ved en satellitts bevegelse at den ikke faller ned. Når jeg stundom blir spurtt om hvorfor satellitten ikke faller ned, svarer jeg alltid med å si at satellitten gjør ikke annet enn å falle. Den faller hele tiden, men ved å gi den tilstrekkelig stor fart i dens bane, sørger man for at den hele tiden «faller ned utenfor horisonten». Det vil si, dens bane følger jordens krumning, og satellitten kommer aldri ned på jordens overflate.

Fra en fysikers synspunkt må derimot det eventuelt merkverdige ved en satellitts bevegelse være at den ikke forsvinner rettlinjet ut i rommet etter Newtons første lov. Det som forhindrer satellitten fra å gjøre dette, er nettopp at den har vekt. Hvis en astronaut i satellittbane virkelig ble vektløs, ville vi nok ha mistet dem alle for godt.

En annen sak er at inne i en romkapsel som beveger seg i en tilstand av fritt fall, f. eks. i en satellittbane omkring jorden, vil der herske en tilstand av *tilsynelatende* vektløshet. Dette er en direkte konsekvens av ekvivalensprinsippet i den generelle relativitetsteori. I denne forbindelse kan også bemerktes at siden dette prinsippet betyr at vi antar identitet mellom tung masse og treg masse (masse bestemt ved veining og masse bestemt ved legemets treg-

het), er det heller ikke så selvsagt at massen av et legeme er et mer fundamentalt begrep enn vekten av legemet.

Moral: *Det er farlig å tro på hva «alle vet».*

Harald Trefall.

*AHA-spalten

Vår venn Per Aspera befant seg sist sommer ombord i seilbåten «AHA» med frisk bris fra nord. Per ønsket å komme nordover så fort som mulig, og fant selvfolgelig raskt ut hvorledes skrogets og seilets stilling relativt til vindretningen måtte være for å oppnå dette.

Hvordan løste han problemet?

Løsninger og referenser til tidligere problemer.

Nr. 2 — 1964:

Se f. eks. Zwicky: «Morphological Astronomy», Springer 1957.

Nr. 3 — 1964:

Se f. eks. artikklet av Gabor i «New Scientist», 29, p. 74.

Nr. 1 — 1965:

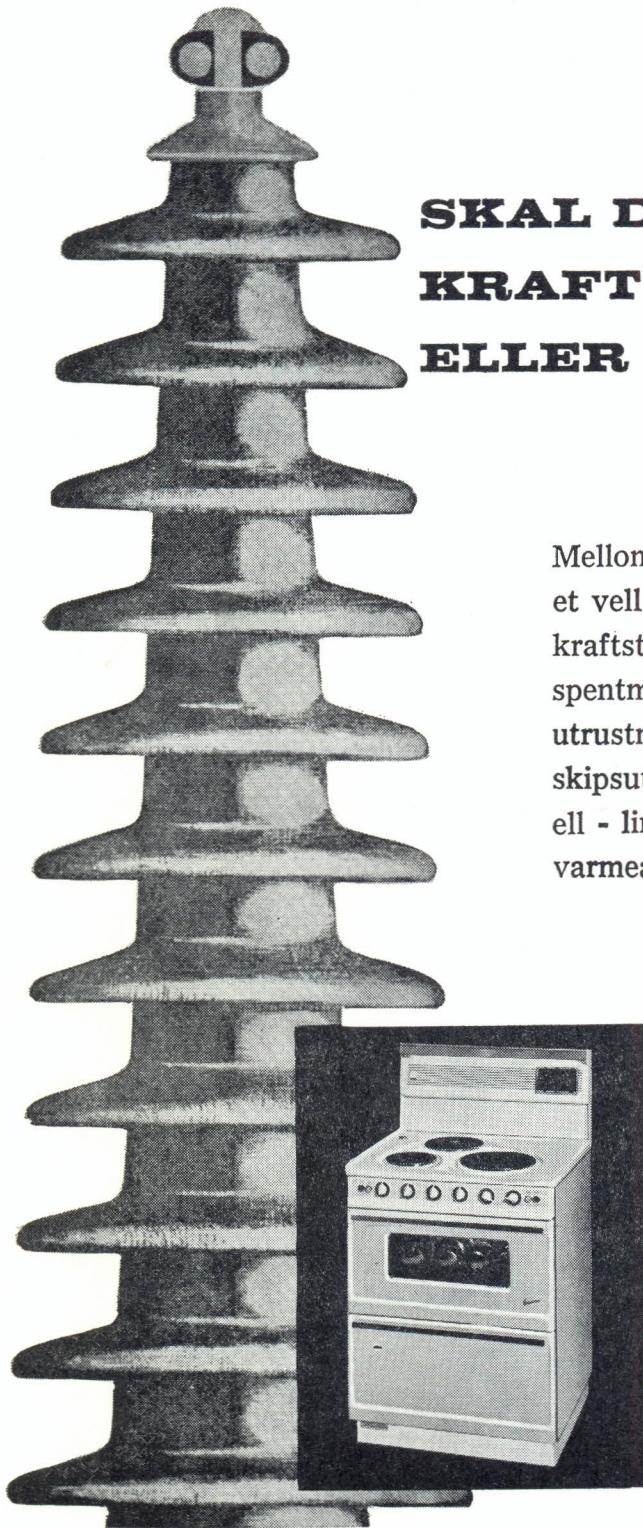
Frigjøres satellitten i en høyde på ca. 36.000 km, befinner den seg allerede i en 24-timers cirkulær bane, og vil forbli i denne. Er utgangspunktet lavere, blir banen en ellipse med apogeeum i dette punkt; er det høyere, blir frigjøringspunktet perigeum. Ligger tårnets massemidelpunkt i den før omtalte høyde — ca. 36 000 km — vil det være «vektløst».

Beste besvarelse ble innsendt av «C. W. H.», Oslo.

Nr. 4 — 1965:

I følge én oppfatning, vil et positivt og et negativt massepunkt utsettes for en gjensidig frastøtende gravitasjonskraft. Denne kraft forårsaker en aksellerasjon hos den positive masse rettet *fra* det negative massepunkt, mens *dette* vil aksellerere *mot* den positive masse. Således vil det negative massepunkt «jage opp» den positive masse til et stadig høyere energinivå, mens det selv, i egenskap av sin negative masse, synker ned mot et tilsvarende negativt nivå.

* All Hands Aboard!



**SKAL DET VÆRE ET
KRAFTVERK
ELLER EN KOMFYR?**

Mellan disse to ytterpunkter leverer vi et vell av produkter: Utrustninger for kraftstasjoner. Transformatorer - høy-spentmateriell. Elektromotorer - motor-utrustninger. Industri-ovner. Elektriske skipsutrustninger. Installasjonsmateriell - linjemateriell. «Elektra» koke- og varmeapparater.

A/s Per Kure

Fra Fysikkens Verden

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

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 ekspedi-
sjonen. Årsabonnement kr. 15,—. Årsabonnement for studen-
ter og skolelever kr. 10,—.

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

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Njål Hole

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

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

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

Postgirokonto: 10472

Bankgirokonto: 236545-28

GYMNASIASTER OG STUDENTER!

Dere kan få

Fra Fysikkens Verden

til redusert pris: kr. 10,— pr. år.

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