



*J. C. Jacobson*

# MINDEORD

## I.

### J. C. JACOBSEN

13. januar 1895–6. maj 1965.

Tale i Videnskabernes Selskabs møde den 15. oktober 1965.

Af **N. O. Lassen.**

Jacob Christian Jacobsen fødtes samme år som røntgenstrålerne opdagedes, og året før de radioaktive stråler første gang blev iagttaget, de stråler, som senere var emnet for de fleste af hans videnskabelige arbejder, og til hvis udforskning han har ydet væsentlige bidrag. Hans fader var gårdejer i Vokslev ved Nibe, hans moder var af sønderjydske herkomst, og selv var han hele sit liv præget af sin jydsk afstamning. Han blev student fra Aalborg 1913 og i 1919 cand. mag. fra Københavns universitet med fysik som hovedfag. Han knyttedes straks til det nyoprettede Institut for teoretisk fysik, hvis leder var professor Niels Bohr, og i dette instituts afdeling for eksperimentalfysik virkede han til sin død i 1965, dog med nogle afbrydelser, dels af et studieophold i Cambridge, England, 1935, dels af et par års forberedende arbejde vedrørende atomenergien med påfølgende ansættelse som forskningschef ved atomenergikommissionens forsøgsanlæg i Risø 1956–58. 1941 blev Jacobsen udnævnt til professor ved og leder af Universitetets fysiske laboratorium (UFL), en stilling som han havde til 1956, uden at dette dog influerede nævneværdigt på hans tilknytning til Institutet. Der bestod i Jacobsens tid altid et meget nært samarbejde mellem Institutet og UFL, og Jacobsen vedblev også efter sin udnævnelse til professor at være leder af Institutets cyklotronafdeling. Nogle år senere flyttede iøvrigt UFL fra Den tekniske højskoles Sølvtorvsbygning, hvor det hidtil havde haft til huse, til lokaler i Institutets bygninger på Blegdamsvej.

Mange er de gymnasielærere og andre danske fysikere, der, som jeg, med glæde og taknemlighed tænker tilbage på deres ud-

dannelsestid »i kælder« på Blegdamsvej hos Jacobsen. Han kunne måske virke noget fåmælt og indesluttet, men når hans elever først havde lært ham at kende, holdt de af ham på grund af hans altid noble, overbærende optræden over for dem, og de så op til ham og beundrede ham som den dygtige og dristige eksperimentalfysiker, han var.

I min studietid sidst i 30'erne lærte vi f. eks. at sætte en tæller sammen af klavertråd, messingrør og rav- eller ebonitprop- per ved hjælp af picein, og når Dr. Jacobsen havde samlet en tæller, var den vakuumtæt, medens vi studerende ikke altid var så heldige. Tråden ætsedes efter en bestemt forskrift, salpetersyre af bestemt styrke, en bestemt spændingsforskel, o.s.v. Men Jacobsen var aldrig bange for at bryde med de skrevne eller uskrevne love, han holdt af at prøve nye, ofte ganske ukonventionelle, metoder. »Selv om nogle skriver, at sådan og sådan er den bedste måde at lave tællere på, så skal man ikke tro for meget på det, for de har ikke prøvet alt«, sagde han. Vi lærte om tællere, tågekamre, ioniseringskamre og andre ting. Belæringen foregik ikke ved lange mundtlige forklaringer, men Jacobsen viste os, hvordan man skulle gøre, og det gjorde han fortrinligt. Lodde kunne han, både elektriske apparater og ting, som krævede større tin- eller sølvlodninger, blæse glas var han en mester til, lakke og klistre med picein, segllak, skællak og andre ting ligeledes; mekanisk arbejde var han ikke ukendt med, selv om det egentlige dreje- og fræsearbejde altid blev overladt til Instituttets mekaniske værksted, som ofte kun fik ret løse blyantsskitser at arbejde efter og så selv måtte finde ud af detaljerne.

Jacobsen var, hvad man nok nu vil betegne som en eksperimentalfysiker af den gamle skole, og inden for den rene eksperimenterkunst var han en ener. Han holdt af selv at lave sine apparater, og på dette område viste han megen opfindsomhed. Mange sindrige apparater og opstillinger har han i tidens løb konstrueret, men kun få – f. eks. en koincidensanordning og en anordning til måling af svage ioniseringsstrømme – er publicerede. Karakteristisk for hans konstruktioner er hans øje for de væsentlige sider af problemerne, og i forbindelse hermed hans ligegyldighed overfor udseendet – vel at mærke, når dette ikke var væsentligt for apparatets funktion – og hans mangel på respekt for det konventionelle; han betænkte sig aldrig et øjeblik på at save huller i

bordplader eller splitte instrumenter ad for at bruge en enkelt del af dem, hvis det var en praktisk fremgangsmåde. Ejendommeligt nok kunne han på nogle andre ikke faglige områder lægge stærk vægt på regler og traditioner.

Blandt Jacobsens apparater er der et, som på grund af sin størrelse og betydning må nævnes særskilt, nemlig Instituttets cyklotron. Den var vistnok den første cyklotron på det europæiske kontinent, med det første spæde »beam« i 1938, kun seks år efter Lawrences pionercyklotron, og i konstruktionen var flere originale enkeltheder. Jacobsen er ikke ene om æren for bygningen af denne maskine. Initiativet var Niels Bohrs, og mange andre bidrog med råd og dåd; nævnes må direktør Meyer fra Thomas B. Thrige, som konstruerede magneten. Også i konstruktionsarbejdet på Instituttet deltog andre, således f. eks. den unge amerikanske fysiker L. J. Laslett, som kom fra Lawrences laboratorium i Californien; men Jacobsen var lederen af dette arbejde, og *hans* dygtighed og overordentlig store arbejdsindsats var af afgørende betydning for den heldige gennemførelse af det store projekt.

I sit forskningsarbejde viste Jacobsen ofte stor optimisme. »Man skal ikke bruge for megen tid i forvejen til at tænke på, hvordan man vil gøre, for man kan alligevel ikke se problemerne, før man står med tingene i hænderne. Det, det gælder om, er hurtigst muligt at komme igang, at få set den søgte effekt, og så kan man begynde at tænke på at forbedre sin opstilling.« På den anden side var Jacobsen i besiddelse af megen sund kritisk sans, og begge dele, i forbindelse med hans store faglige viden og dygtighed, bevirkede, at han ofte hurtigt nåede et heldigt resultat af sine forsøg. Et enkelt eksempel skal nævnes, nemlig et ikke publiceret arbejde fra 1952. På den tid havde man begyndt at tænke på at bygge en stor proton-synkrotron i Europa, og i dette år kom så meddelelsen om det nye »strong focusing« princip. Straks anstilledes på Instituttet, med professor Jacobsen som den drivende kraft, en undersøgelse, i hvilken det på få uger lykkedes ved hjælp af thorium  $\alpha$ -partikler at give en eksperimentel demonstration af princippet.

Jacobsen holdt i mange år forelæsninger i optik og i atomfysik. Disse var vel ikke særligt inciterende, men lige som de foredrag, han af og til holdt i Fysisk Forening eller ved andre

lejligheder, var de altid logisk opbyggede, tankegangen var klar, sproget knapt, sætningerne kortfattede. De væsentlige sider af emnet bragtes frem på en klar måde, ikke tilsløret af mindre væsentlige detaljer; ville tilhørerne vide noget om disse sidste, kunne de jo spørge bagefter. Sidste gang vi fik lejlighed til at høre et sådant velforberedt foredrag var, da en kreds af medarbejdere ved en sammenkomst på Institutet hyldede professor Jacobsen på hans 70-årsdag. Han fortalte her om det arbejde, han havde beskæftiget sig med de sidste år, en undersøgelse af specielt konstruerede centrifugers anvendelighed til adskillelse af isotoper. Hans endelige mål var vistnok at nå til en sådan udformning af apparatet, at en lønnende isotopadskillelse kunne foretages, og han havde nået visse lovende resultater, men arbejdet var endnu langt fra afsluttet, og han håbede at fortsætte med det i sit otium.

Også mange af Jacobsens publikationer er præget af en meget kortfattet stil, og mange er blot blevet til korte noter, hvor andre ville have skrevet mere udførlige afhandlinger. »Men ingen har jo tid til at læse lange redegørelser«, sagde han gerne. Mange vil give ham ret, men få har som han i tale og skrift behersket begrænsningens kunst.

---

En stor del af Jacobsens videnskabelige arbejder har – naturligt nok – nær tilknytning til Niels Bohrs tanker, og ofte var Jacobsens eksperimentelle resultater en god støtte for Bohrs teoretiske betragtninger. Resultaterne af de to optisk spektroskopiske arbejder, Jacobsen har deltaget i sammen med henholdsvis H. M. Hansen og A. Udden, var således i god overensstemmelse med Bohrs teori om atomernes opbygning, og ligeledes resulterede flere af Jacobsens mange undersøgelser af radioaktive strålers opførsel i en bekræftelse på andre af Bohrs teorier.

Sammen med Johs. Olsen udsendte Jacobsen i 1922 et arbejde vedrørende lithiums stoppeevne over for  $\alpha$ -partikler. Med et fladt ioniseringskammer, forbundet til et kvadrantelektrometer, målte de ioniseringen hen langs banen for bundter af  $\alpha$ -partikler, og de bestemte rækkeviddeformindskelsen ved passagen gennem tynde lag af lithium, fremstillet ved hjælp af en presse, som Bohr havde konstrueret. Resultaterne gav en bekræftelse på

Bohrs teori for stopningen af  $\alpha$ -partikler såvel som på hans tanker om lithiumatomets opbygning.

Året efter iagttog Henderson, at  $\alpha$ -partikler kan optræde i forskellige ladningstilstande, og lidt senere viste Rutherford, at de ved gennemgangen gennem stof vil indfange og atter tabe elektroner ved sammenstød med stoffets atomer. En  $\alpha$ -partikel vil altså have en ladning, som på dens vej langs banen svinger frem og tilbage mellem 2 og 1 elementærladninger (og eventuelt 0 ladninger, hvis hastigheden er lille). Rutherford kunne ligefrem måle middelvejlængden  $\lambda_1$  for enkeltladede partikler, d. v. s. sandsynligheden for elektrontab i luft. Han målte partiklernes afbøjning i et magnetfelt og fandt, at nogle afbøjedes kun halvt så meget som normalt; der iagttoges to »bånd«, midterbåndet og hovedbåndet, svarende til henholdsvis enkelt- og dobbeltladede partikler. Var der luft ved lavt tryk i apparatet, ændredes antallet af de enkeltladede partikler, når trykket varieredes, idet nogle tabte elektronen og blev dobbeltladede på deres vej gennem apparatet; midterbåndets intensitet formindskedes med voksende tryk, og samtidig fremkom en kontinuert fordeling mellem de to bånd; måling af midterbåndets intensitet som funktion af trykket gav oplysning om  $\lambda_1$ .

Bohr var meget interesseret i Rutherfords resultater. Han tænkte nu, at der måtte være særlige forhold i brint, idet en  $\alpha$ -partikel i denne luftart måtte have særlig vanskeligt ved at indfange en elektron. Ved sammenstødet mellem  $\alpha$ -partiklen og et brintatom skal elektronen meddeles både den rigtige fart og den rigtige retning for at den efter stødet skal kunne følge med  $\alpha$ -partiklen, og chancen herfor er meget lille. Anderledes stiller det sig i atomer med flere elektroner, dels fordi disses omløbshastigheder i atomet er større, dels fordi hvis en elektron indfanges, kan en af de andre elektroner optage den overskydende energi og impuls.

De særlige forhold ved brint undersøgte Jacobsen i forsøg af lignende art som Rutherfords, og resultaterne, som er beskrevet i en kort note i »Nature« og mere indgående i hans disputats fra 1928, var en bekræftelse på Bohrs anskuelser. Tværsnittet for elektronindfangning var i brint så lille, at det ikke kunne måles, og i hvert fald mindst en størrelsesorden mindre end i luft. For luft fandt Jacobsen resultater i overensstemmelse med Ruther-

fords. Endvidere kunne han vise, at ligevægtsforholdet mellem enkelt- og dobbeltladede  $\alpha$ -partikler var det samme i glimmer og i luft; Rutherford havde konstateret, at dette forhold var det samme i forskellige faste stoffer, men der forelå, da Jacobsen begyndte sit arbejde, den mulighed at forholdet, og dermed  $\alpha$ -partiklernes middelladning, kunne være forskelligt i luftarter og krystaller.

Jacobsens disputats er skrevet på en sådan måde, at den endnu, næsten 40 år efter sin fremkomst, kan vække interesse. Morsomt er det at læse hans beskrivelse af og bemærkninger til kildefremstillingsteknik, og til detekteringsmetoden, som var den af Rutherford indførte scintillationstælling. Skønt Jacobsen ikke på nogen måde søger at imponere, men kort og sagligt omtaler metodikken og dens vanskeligheder, får den opmærksomme læser dog et kraftigt indtryk af det overordentlig store tålmodighedsarbejde, som er nedlagt i disputatsen. Interessant er det, at Jacobsen, om end uden særligt held, forsøgte at anvende den fotografiske metode, idet han ikke alene målte sværtning af fotografiske plader, men også anvendte korntællinger. Han iagttog også egentlige spor med op til 10 fremkaldte korn liggende på rad. Kornantallet i sporene var dog stærkt varierende, og han konkluderede, at spor kunne ikke anvendes til tælling af  $\alpha$ -partikler, idet en  $\alpha$ -partikel undertiden kun påvirkede eet enkelt korn. Først langt senere har man, som bekendt, fået finkornede og mere slørfrie plader, i hvilke sporene er lettere iagttagelige og mere ensartede.

Disputatsens sidste del handler om måling af halveringstiden for  $\text{RaC}'$ , en opgave som tidligt interesserede Jacobsen, og som han gentagne gange vendte tilbage til. Hans første afhandling om dette emne er fra 1924, den sidste og endelige bestemmelse fra 1943. Ud fra energien af de udsendte  $\alpha$ -partikler måtte man efter den empiriske Geiger-Nuttall relation vente en levetid på omkring  $10^{-7}$  sek, og problemet var at måle en så kort periode. Jacobsen fik nu den tanke, at når  $\text{RaC}'$ -atom udsender en  $\beta$ -partikel, må det dannede  $\text{RaC}'$ -atom få en rekylhastighed, og man behøver så blot at måle, hvor mange  $\text{RaC}'$ -atomer, der omdannes i forskellige afstande fra  $\text{RaC}$ -kilden. Det var første gang, rekylmetoden anvendtes. En vanskelighed ved det foreliggende problem er, at rekylenergien, og dermed rækkevidden af

RaC'-atomerne er meget lille; RaC-kilden må derfor sidde lige på overfladen af det bærende underlag, og almindeligt radioaktivt nedslag kan ikke bruges. En anden vanskelighed var, at man ikke kendte rekylhastigheden, idet man nok kendte  $\beta$ -spektret, men ikke forstod oprindelsen til den kontinuerte energifordeling; Jacobsens første forsøg var jo mere end 10 år før Fermis teori, og neutrinoen var ikke opfundet.

Ved de første forsøg kunne Jacobsen fastslå, at Geiger-Nuttall relationen ikke var eksakt, idet levetiden, selv under de forsigtigste antagelser om rekylhastigheden, måtte være mere end en størrelsesorden større end svarende til denne relations forudsigelser. Senere opdagede han, at de til udblænding af RaC'-strålen anvendte blændere ikke fangede rekylatomerne, men reflekterede dem, hvilket medførte en fejl i målingerne. Forsøg med en ændret opstilling førte til en ny værdi, endnu en størrelsesorden større, for den nedre grænse for levetiden. Samtidig blev Jacobsen klar over, at den ledsagende  $\gamma$ -stråling komplicerede forholdene betydeligt, idet et rekylerende atom ved  $\gamma$ -omdannelsen ville få en ny rekylimpuls, hvis retning i forhold til den oprindelige hastighed var fuldstændig ukendt.

I begyndelsen af 30'erne forsøgte Jacobsen derfor på andre måder at meddele RaC'-atomerne en kendt hastighed. Størrelsen af den hastighed, man behøver, er i sammenligning med atomare hastigheder ret beskeden, men sammenlignet med normale hastigheder i dagliglivet meget stor, idet man skal have en kende- lig flytning i løbet af en halveringstid. Der findes ingen publikationer om disse forsøg, men det fortælles<sup>1</sup>, at Jacobsen anvendte en lille metalkegle, som hvilede i en kegleformet fordybning. Der kunne blæses en luftstrøm op nedefra, og metalkeglen ville da på grund af tilstedeværelsen af passende riller i dens overflade sættes i rotation. Samtidig blev den båret oppe af luftstrømmen, på lignende måde som de moderne hydrofoilbåde hviler på en luftpude. Det lykkedes udmærket at få meget store rotationshastigheder, men der viste sig en vanskelighed, når keglen skulle stoppes igen. Når man lukkede for luftstrømmen, faldt den selvfølgelig ned, og den havde så en tilbøjelighed til at ramme skævt i fordybningen og til at hoppe op af den, og så ville den fare

<sup>1</sup> af laboratorieførstander, cand. mag. Johan Ambrosen, der som studerende deltog i disse forsøg.



hen ad gulvet, og på grund af dens store rotationshastighed kunne den trille videre *op* ad væggen og hen under loftet, ned ad den modsatte væg, o.s.v., og det var altså temmelig farligt at være i stue med den.

I en note i »Nature« fra 1934 berettes om nogle forsøg, hvori anvendtes en ny idé. To Geigertællere anbragtes klods op ad hinanden med en RaC-kilde imellem; den ene talte kun  $\beta$ -partikler, den anden både  $\alpha$ - og  $\beta$ -partikler. Hver tæller var forbunden til en mekanisk oscillograf; en lysstråle sendtes ind mod det ene oscillografspejl, reflekteredes over til det andet spejl og derfra til en bevæget fotografisk film. De to oscillografspejle drejede sig om akser vinkelrette på hinanden, og på filmen kunne man derfor iagttage både prompte og forsinkede koincidenser, og ud fra disses relative antal ansloges halveringstiden til  $(2 \pm 1) \times 10^{-4}$  sek, altså meget længere end svarende til Geiger-Nuttall relationen, således som man også skulle vente efter den nogle år tidligere fremkomne teori af Gamow.

Dette var første gang den forsinkede koincidensteknik anvendtes. Metoden forbedredes i 1943 af Jacobsen og Th. Sigurgeirsson, som atter målte på RaC' og fandt halveringstiden  $(1,55 \pm 0,05) \times 10^{-4}$  sek. Forbedringen bestod i, at man forsinkede den elektriske puls fra  $\beta$ -tælleren, inden de to pulser førtes til en elektronisk koincidencesanordning med en opløsningstid, som var lille i forhold til  $\beta$ -pulsens forsinkelse. Metoden finder i vore dage en udstrakt anvendelse til måling af levetider af anslåede kerntilstande; udviklingen af den moderne elektronik, og fremkomsten af scintillationstælleren har ført med sig, at man nu kan måle levetider mange størrelsesordener mindre end angivet af Jacobsen og Sigurgeirsson, men princippet er uforandret og også f. eks. den optimale geometri kan findes angivet i deres arbejde.

Allerede i sin disputats var Jacobsen kommet ind på spørgsmålet om en eksperimentel bestemmelse af hastigheden af rekylatomer efter en  $\beta$ -udsendelse. Efterhånden blev han klar over, at skulle sådanne målinger føre til signifikante resultater, kunne man ikke benytte kilder, hvor de radioaktive atomer sad på en overflade. Selv om det virkelig skulle lykkes at få anbragt et monoatomart lag på overfladen, kunne dog optræde kemiske eller andre løsrivelseskræfter, som kunne have stor indvirkning på rekylenergien, og ingen kunne heller vide, med hvilken elektrisk ladning atomerne forlod overfladen. Man måtte have de

radioaktive atomer i form af en, helst monoatomar, luftart; dersom også rekylatomerne selv var radioaktive, kunne man spore dem gennem denne aktivitet, lige som han havde gjort for RaC'. Da fissionsprocessen var opdaget, så Jacobsen snart, at nu kunne dette krav opfyldes; blandt fissionsprodukterne er flere  $\beta$ -aktive krypton- og xenonisotoper med radioaktive efterkommere. Sammen med O. Kofoed-Hansen målte han energien af rekylatomerne fra henfaldet af  $\text{Kr}^{88}$  ved at bremse dem i elektriske felter. Maksimalenergien fandtes at være i overensstemmelse med den værdi, som kan beregnes fra  $\beta$ -partiklernes maksimalenergi. Dette var selvfølgelig ikke overraskende, men det var i virkeligheden første gang, man overhovedet havde en egentlig måling af rekylenergien.

Blandt Jacobsens  $\beta$ -undersøgelser mangler vi endnu at nævne et arbejde fra 1937, i hvilket han ved anvendelse af et tågekammer i magnetfelt undersøgte positronspektret og røntgenstrålingen fra henfaldet af en radioaktiv scandiumisotop, fremstillet ved bestråling af calcium med  $\alpha$ -partikler fra radium. Han bestemte positronernes maksimalenergi, men interessantere er det, at han fandt, at forholdet mellem antallet af positroner og røntgenkvanter var i overensstemmelse med Fermis oprindelige  $\beta$ -teori, derimod ikke med den på denne tid almindeligt antagne modificerede Konopinsky-Uhlenbeck teori, som altså var forkert, et resultat, som eftertiden har bekræftet.

En del af Jacobsens arbejder handler om  $\gamma$ -omdannelse og  $\gamma$ -strålers spredning og absorption, og her må vel først nævnes hans meget nøjagtige målinger af relative svækkelseskoefficienter af forskellige stoffer over for  $\gamma$ -stråler fra Ra og Rdth. Styrken i disse ligger i den anvendte simple opstilling, hvor geometrien var nøjagtig den samme for de forskellige stoffer, idet også  $\gamma$ -intensiteten og svækkelsen var den samme, og hvor man blot skulle bestemme koncentrationerne af opløsninger, som gav samme svækkelse. Medens andre havde fundet en kurve med spring, fandt han, at svækkelseskoefficienten pr. elektron voksede jævnt med atomnummeret, stærkest for de energirigeste kvanter, overensstemmende med, at her har pardannelseseffekten størst betydning.

I januar 1936 fremkom et arbejde af Shankland, som vakte nogen opmærksomhed. Shankland mente ud fra sine resultater at måtte slutte, at for  $\gamma$ -stråler måtte fotonteorien opgives. Når

røntgenstråler af en bestemt bølgelængde rammer stof, kan som bekendt ske en Comptonproces; en indkommende foton spredes mod en elektron, og efter processen har man en spredt foton og en løsrevet elektron. For stødet gælder bevarelse af energi og impuls, og iagttager man f. eks. de spredte kvanter i en fastlagt retning, vil de tilsvarende elektroner udsendes i en anden, men en bestemt retning, og hver elektron er koincident med sit tilsvarende kvant. Shankland fandt nu ved anvendelse af de mere energirige  $\gamma$ -stråler fra RaC ingen koincidenser, i hvert fald ikke flere, når tællerne stod i rigtige end når de stod i forkerte retninger, og ikke flere end der kunne forklares som tilfældige koincidenser. Jacobsen tog sig for at undersøge forholdene, og allerede i juli 1936 kunne han i en note i »Nature« meddele, at han fandt koincidenser, som i antal og med hensyn til retning af de udsendte partikler var i overensstemmelse med forventningerne. – Der var ingen grund til at opgive hverken fotonbegrebet eller energisætningen.

Niels Bohrs og J. A. Wheelers berømte arbejde fra 1939 »The Mechanism in Nuclear Fission«,<sup>1</sup> såvel som Bohrs fortsatte stærke interesse for den nye type kerneomdannelse, fissionen, er baggrunden for nogle forsøg, Jacobsen udførte assisteret af N. O. Lassen. Det lykkedes at forøge energien af deutronstrålen fra den endnu ikke helt færdigbyggede cyklotron til knap 10 MeV og at vise, at sådanne deutroner kan fremkalde fission. For forholdet mellem fissionsudbyttet i thorium og uran fandtes 0,7, en værdi, som støttede Bohr i følgende betragtninger: Den ved sammensmeltningen af deutronen og targetkernen dannede compoundkerne vil blive højt anslået ( $\sim 15$  MeV), og den vil henfalde i det væsentlige ved to konkurrerende processer, neutronudsendelse og fission, hvis relative hyppighed kan vurderes. Er  $\sigma_0$  tværsnittet for compoundkernedannelse, finder man

$$\sigma'_f(\text{Th}) = \frac{1}{4} \sigma_0 \qquad \sigma'_f(\text{U}) = \frac{2}{3} \sigma_0$$

hvilket giver et forhold kun halvt så stort som den eksperimentelle værdi. Men efter neutronudsendelsen vil restkernen i mange

<sup>1</sup> Phys. Rev. **54**, 426 (1939).

tilfælde stadig have tilstrækkelig anlagsenergi til at kunne fissionere, og for sådan »andet trins fission« kan man også anslå den relative hyppighed. Man finder, at forholdet mellem det totale fissionstværsnit i Th og U må forventes at være meget større, end når kun første trins fission tages i betragtning, og dette bekræftes af det fundne eksperimentelle resultat, hvilket førte til at Bohr skrev sin artikel »Successive Transformations in Nuclear Fission.«<sup>1</sup>

I dag er det en indlysende ting, at ikke alene kan compoundkernen henfalde på forskellige måder, men det kan også dens efterkommere, hvis anlagsenergien er tilstrækkelig høj. Men på dette tidspunkt, 1940, var compoundkernebegrebet forholdsvis nyt, idet det var opstået i tiden efter 1936 som resultat af teoretiske betragtninger af Bohr og andre. Det var netop bl. a. gennem eksperimentelle undersøgelser af fissionen, som nøje bekræftede Bohrs og Wheelers forudsigelser, at tiltroen til compoundkerne-dannelsen og til den Bohrske vædskekråbemodel vandt fremgang. På dette tidspunkt var man heller ikke vant til store anlagsenergi-er, og de nævnte forsøg og de samtidige undersøgelser af Amaldi og medarbejdere over fission med hurtige neutroner var de første iagttagne eksempler på successive transformationer.

Førøvrigt fandtes forholdene ved deutronfission at være en smule mere komplicerede end ovenfor antydet. Det eksperimentelt fundne tværsnitsforhold for Th og U er i virkeligheden lidt mindre, end man skulle vente efter compoundkerneteorien. Det skyldes, at foruden compoundkernedannelsen kan også foregå en Phillips-Oppenheimer proces, ved hvilken deutronen i kernens Coulombfelt spaltes i en proton og en neutron, og kun den sidste kommer ind i kernen, hvis anlagsenergi derved bliver væsentlig mindre end compoundkernens. Da nu tærskelværdien for fission er lavere i U end i Th, fører Phillips-Oppenheimer processen hyppigere til fission i U end i Th, hvilket forrykker førnævnte tværsnitsforhold. Rigtigheden af disse betragtninger illustreres af de iagttagne eksitationskurver; fissionsudbyttet fra Th vokser med deutronenergien på en måde, som afspejler deutronens chance for at gennemtrænge potentialbarrieren, altså proportionalt med  $\sigma_0$ , medens dette ikke er tilfældet for U's ved-

<sup>1</sup> Phys. Rev. 58, 864 (1940).

kommende, hvor udbyttet ved lave energier er relativt stort, i overensstemmelse med at her kan Phillips-Oppenheimer processen gøre sig gældende.

---

Som det ses, omfatter Jacobsens videnskabelige arbejder alle former for radioaktiv stråling og henfald. Til iagttagelse af de forskellige strålingsformer har han benyttet så godt som alle kendte detektorer, og herigennem erhvervede han et indgående kendskab til disse. Fremkom meddelelse om nye detektortyper, varede det som regel heller ikke længe, før de skulle prøves på Institutet, enten af Jacobsen selv eller med ham som interesse- ret medundersøger. Hans store praktiske fagkundskab på dette og andre områder såvel som hans måske nok noget tavse, men inderst inde elskværdige lune, og hans beredvillighed til at hjælpe og råde, var baggrunden for hans mangeårige konsulentvirksomhed, der i høj grad må tages i betragtning, om man vil vurdere hans indsats i forskningens og samfundets tjeneste. Fremhæves må også hans store og fortjenstfulde arbejder på flere andre områder, som heller ikke eller kun i ringe grad har sat sig umiddelbare spor i publikationer bærende hans navn.

Jacobsens arbejdslyst og hans dygtighed og opfindsomhed kom ikke alene Institutet tilgode, men han var også gennem mere end en menneskealder fysiker ved Radiumstationen; her blev han ansat i 1921, et års tid før stationen flyttedes til Finseninsti- tuttets grund, hvor den siden har haft til huse, først i lokaler i forskellige ældre bygninger, og senere i den nuværende større separate bygning. Jacobsen har været med under hele den voldsomme udvikling indtil 1956, da han på grund af sit arbejde på Risø forsøgsstation måtte trække sig tilbage fra sin stilling på Radiumstationen. De sidste par år havde han virket som konsu- lent, medens han tidligere foruden sin højt skattede konsulent- virksomhed også var leder af Radiumstationens fysiske labora- torium og personligt havde deltaget i mange praktiske arbejder. I sin tid var det ham, som indrettede emanationspumpeanlægget, han har haft at gøre med måling og kontrol af røntgenrørens udbytte, og han har konstrueret en mængde instrumenter og hjælpeapparater for læger og sygeplejersker, f. eks. dosimetre i fyldepenneform mange år før sådanne blev almindelig kendte

handelsvarer. Hans assistance har været af stor betydning for mange af de af lægerne udviklede helbredelsesmetoder – f. eks. kan nævnes fra en tidlig tid professor Sv. Lomholts behandling af hudsygdomme ved anvendelse af  $\alpha$ -stråling fra thorium X eller fra radiumemanation, og fra senere tider professor Jens Nielsens røntgenbehandlinger af dybtliggende kræftsvulster.

I nogle år var Jacobsen meget optaget af arbejdet for CERN, det intereuropæiske center for kerneforskning. Længe inden man havde truffet beslutning om bygningen af det store laboratorium i Genève var han med i mange indledende og planlæggende overvejelser, og foruden i sådanne forhandlinger deltog han også i det praktiske arbejde med forberedelser til konstruktionen af proton-synkrotronen, dels ved den allerede nævnte undersøgelse af »strong-focusing« princippet, dels ved fortsatte magnetfeltundersøgelser. Han var medlem af den danske delegation til det første møde i Council i efteråret 1954, men snart derefter trak han sig ud af CERN-arbejdet for at hellige sig arbejdet for den fredelige udnyttelse af atomenergien.

I atomenergiarbejdet var han ligeledes med fra starten i de mange planlæggende drøftelser og i mange senere forhandlinger med inden- og udenlandske personer og myndigheder. Han var med til at formidle samarbejdsoverenskomsterne med England og U.S.A., og her kom det ham tilgode, at han fra sit studieophold i Cambridge tyve år tidligere – en lykkelig tid, som han ofte tænkte tilbage på – var velkendt med britiske forhold og med britisk tænkemåde, som måske ikke lå så fjernt fra hans egen indstilling. Af betydning var det vel også, at han havde stiftet venskab med britiske fysikere, fremfor alt med Sir John Cockcroft. Efter nogle års omflakkende tilværelse med en lang række trættende rejser til forskellige europæiske lande og Amerika – i forbindelse først med CERN-projektet og siden med atomenergien – var han imidlertid meget glad ved at kunne vende tilbage til en roligere tilværelse i sin universitetsstilling, og da arbejdet på Risø forsøgsstation var sat i gang, forlod han sin stilling som forskningschef. Han fortsatte som konsulent for atomenergikommissionen, og han vedblev til sin død at holde sig i nær kontakt med Risø.

Jacobsen var de sidste år af sit liv et virksomt og interesseret medlem af det matematisk-naturvidenskabelige fakultets forret-

ningsudvalg og af konsistorium. I fakultetet tog han kun sjældent ordet, men når han gjorde det, havde hans ord vægt. Gennem en årrække var han medlem af nationalkomitéen for I U P A P, The International Union of Pure and Applied Physics, og af I C R P, the International Commission on Radiological Protection, hvor han havde sæde i Main Commission og i en underkomité (Permissible Dose for External Radiation).

I private selskaber var Jacobsen en hyggelig mand, og her viste han sit jyske lune og sin humor; det morede ham at høre og fortælle anekdoter, gerne sådanne med en lidt spidsfindig pointe. Hans hobby – han ville næppe bruge det ord – var hans arbejde som fysiker. Men hjemme holdt han af havearbejde, og han læste en del; danmarkshistorien og forholdene i gamle dage interesserede ham meget, og Holberg og sagaerne satte han højt.

Jacobsen var medlem af Akademiet for de tekniske videnskaber, af Kungl. Fysiografiska Sällskapet i Lund og af Kungl. Vetenskaps-Societeten i Uppsala. I 1943 indvalgte han i Det kgl. danske videnskabernes selskab, en æresbevisning, han satte megen pris på. Her i den traditionsrige atmosfære hyggede han sig, og han forsømte sjældent noget møde.

Vi vil bevare og ære hans minde.

En fortegnelse over J. C. Jacobsens publikationer findes trykt i Fysisk Tidsskrift **63**, 145, 1965.