

Interessen samler sig omkring atomkernen

Af Otto Robert Frisch

Første gang, jeg mødte Niels Bohr, var i 1933 i Hamborg. Hitler var kommet til magten, og Bohr rejste rundt og talte med sine kolleger for at finde ud af hvor mange tyske fysikere der som følge af de nye racelove ville blive afskediget, og hvorledes man bedst kunne organisere hjælpen til dem. Det var netop lykkedes mig at måle rekylet af et natriumatom, der udsender et lyskvant. Det var en stor oplevelse for mig pludselig at stå over for Niels Bohr – der var et næsten legendarisk navn for mig – og se ham smile til mig som en rar fader. Han tog mig i vesteknappen og sagde: »Jeg håber, De vil komme og arbejde hos os i nogen tid. Vi sætter pris på folk, der kan udføre »tanke-eksperimenter«!« Man må her vide, at et atoms rekyl var noget, der tidligere havde været meget diskuteret, men kun få mennesker havde forestillet sig, at det kunne måles. På det tidspunkt, hvor jeg udførte dette forsøg, var det ikke længere vanskeligt; Otto Stern, som jeg arbejdede under i Hamborg, havde udviklet den fornødne teknik.

Samme aften skrev jeg hjem til min mor (som naturligvis var ængstelig for min fremtid i betragtning af Hitlers racelove) og sagde, at hun ikke skulle være bekymret: Vorherre selv havde taget mig i vesteknappen og smilet til mig. Det var præcis, hvad jeg følte.

Det følgende år arbejdede jeg med Blackett i London, hvor jeg lærte den kernefysiske teknik. Få måneder senere gjorde man i Frankrig den store opdagelse, at man kunstigt kunne fremstille nye radioaktive stoffer ved at bombardere almindelige lette grundstoffer med alfa-partikler. Jeg greb straks dette nye emne og var så heldig at være en af de første til at offentliggøre yderligere resultater. Jeg rodede også med tågekamre og konstruerede et, som var let at bygge og velegnet til iagttagelser med det blotte øje. Da mit ophold i London lakkede mod enden, havde jeg allerede en indbydelse til at komme og arbejde i København på Niels Bohrs institut.

Det er altid en forvirrende oplevelse at ankomme til et nyt sted, og jeg har ingen klar erindring om det. Der syntes at være en masse sære men-

nesker. Der var Placzek, altid søvning (undtagen sent om aftenen) og sædvanligvis ubarberet. Jeg var længe om at opdage det strålende intellekt bag den bohemeagtige facade (han *var* faktisk fra Böhmen). Han tog mig med til et foredrag af Gamow allerede den første dag. Foredraget skulle forestille at være holdt på dansk, men jeg havde ingen vanskeligheder ved at forstå det særlige Esperanto, som Gamow talte (ligegyldigt hvilket sprog han foregav at bruge). Fra et af de første kollokvier står en scene fra en diskussion mellem Bohr og Landau præget i min erindring: Bohr stående bøjet over Landau i alvorlig diskussion, medens Landau liggende udstrakt på ryggen på katederet gestikulerede til ham (ingen af dem syntes at bemærke det ukonventionelle ved denne adfærd). Efter tre år i Hamborgs konventionelle atmosfære og et år i London, hvor jeg følte mig genert og kun stiftede få bekendtskaber, tog det ikke så lidt tid, inden jeg blev vant til den frie og utvungne atmosfære på Blegdamsvej 15, hvor en mand alene bedømtes efter sin evne til at tænke klart og ærligt.

Bohr stod på den tid i sin fulde kraft, både legemligt og åndeligt. Når han tordnede op ad den stejle trappe med to trin ad gangen, var der få af os yngre, der kunne følge med. Roen på biblioteket blev ofte afbrudt af et rask spil bordtennis, og jeg mindes ikke nogensinde at have slået Bohr i det spil. Han reagerede meget hurtigt og præcist, og han havde en utrolig viljekraft og udholdenhed. På en måde var det de samme egenskaber, der også kendetegnede hans videnskabelige arbejde.

Mit eget arbejde bragte mig ikke meget i kontakt med Bohr. Jeg beskæftigede mig med konstruktionen af simple og pålidelige Geiger-tællere med tilhørende udstyr, og jeg fortsatte min jagt efter nye radioaktive grundstoffer (jeg fandt to til). Ofte kom Bohr imidlertid vandrende ind i laboratoriet for at se til og havde tydelig lyst til at hjælpe med. Engang tilbød han endda sin hjælp, idet han forsikrede, at han ikke var så klodset, som han så ud til; og før vi kunne stoppe ham, havde han grebet en af de særligt tyndvæggede tællere, som vi havde lavet til at studere stråler med lille gennemtrængningsevne. Tælleren krøllede øjeblikkelig sammen med en væmmelig knasende lyd, og Bohr forlod rummet med et meget forlegent udtryk. Hvordan skulle han imidlertid kunne vide, at en sådan tæller kun lige akkurat kan tåle luftens tryk og uvægerlig vil bryde sammen ved selv den letteste berøring.

Men naturligtvis gik vi til kollokvierne, som afholdtes med korte mellemrum, og som ofte sammenkaldtes med meget kort varsel, og dér kom

Bohrs enestående evner til fuld udfoldelse. Mange har fundet Bohrs afhandlinger indviklede og indirekte og vanskelige at følge; i en diskussion var han imidlertid direkte og fuld af kraft. Selvfølgelig var han alt for godmodig til at sige til nogen, at det, vedkommende sagde, var noget vrøvl, men det var snart klart for os alle, hvad Bohr mente, når han sagde »meget, meget interessant«. Komplementaritetsbegrebet var emnet for mange diskussioner. Jeg kan huske engang, hvor en eller anden bemærkede, at det gjorde ham svimmel at tænke på de problemer. Bohr svarede omgående: »Men hvis nogen siger, at han kan tænke over kvanteproblemerne uden at blive svimmel, viser det blot, at han ikke har forstået den mindste smule af dem«.

Fra tid til anden indtraf der en krise. Jeg husker en afhandling af den amerikanske eksperimentalfysiker Shankland, som hævdede at have påvist, at energien ikke var bevaret i sammenstød mellem højenergetiske fotoner (gamma-kvanter) og elektroner. Det var højst foruroligende. Hvis det var rigtigt, ville det have sat fysikken tilbage til et meget tidligere stadium, hvor Bohr selv havde troet (fejlagtigt, følte han nu med sikkerhed), at loven om energiens bevarelse kun gjaldt i middel, men ikke nødvendigvis for de enkelte begivenheder. Shanklands resultat gav anledning til oprivende diskussioner, som gjorde det stadig mere klart, at det ikke var foreneligt med de store fremskridt, som var sket i fysikken siden hin tid. Det var en stor lettelse, da det kom for dagen, at Shankland havde overset visse fejlkilder, og at energien virkelig var bevaret i hvert enkelt sammenstød.

Sådan var det altid: enhver modstrid var en fjende, der straks måtte angribes og mod hvilken Bohr rettede sin mægtige tankekraft i dens fulde styrke. Sommetider viste eksperimentet sig, som vi har set, at være forkert; sommetider fortalte Bohr os en dag med endnu større glæde, at han havde taget fejl, at modstriden forsvandt, når man fandt den rette måde at tænke på den. Han var dybt foruroliget, da han hørte, at sammenstød mellem en proton med stor hastighed og en lithium-kerne sommetider giver anledning til udsendelse af en højenergetisk gamma-stråle. Han var overbevist om, at den kerne, der dannedes ved et sådant sammenstød, ville gå i stykker i to heliumkerner altfor hurtigt til at tillade udsendelsen af gamma-stråling. Jeg husker endnu, hvor henrykt Bohr var, da han indså, at kernen kunne dannes i en tilstand, som – på grund af de kvanteteoretiske symmetrilove – ikke kunne gå i stykker i to heliumkerner. Han tøvede aldrig et øjeblik

med at indrømme, at han havde taget fejl. Det betød for ham blot, at han nu forstod tingene bedre, og hvad kunne have gjort ham lykkeligere?

Kort efter min ankomst indtraf den spændende nyhed, at Fermi i Rom havde fundet ud af, at en masse nye radioaktive kerner kunne fremstilles ved bombardement af almindelige kerner med neutroner. Jeg var en af de få, der kunne læse italiensk, og jeg husker tydeligt, hvorledes alle trængte sig omkring mig, så snart der var kommet et nyt nummer af »La Ricerca Scientifica«, det lille tidsskrift som Fermi havde givet det privilegium at trykke hans opdagelser, fordi de dér blev trykt hurtigt. Det var straks klart, at det var meget vigtigt at få fat i en neutronkilde, og Hevesy (Bohrs ven og medarbejder gennem mange år) appellerede til det danske folk om at indsamle en sum på 100.000 kroner til indkøb af et halvt gram radium til Bohr i anledning af hans halvtredsårs fødselsdag. For at gøre dette radium til en neutronkilde, måtte det blandes med flere gram berylliumpulver, og det blev min opgave at skaffe dette. Beryllium er et let og søvlglinsende, men meget hårdt metal, og jeg fik næsten hele instituttet til at hjælpe med at male det i mortere, hvilket betød mange dages hårdt arbejde. Dengang vidste man ikke, at nogle mennesker er overfølsomme over for beryllium og sandsynligvis ville være døde af at have indåndet en anelse berylliumspulver, mens det blev malet. Heldigvis var der imidlertid ingen af os, der var overfølsomme, og der indtraf ingen ulykker.

Fra 1935 besad instituttet altså en stærk neutronkilde. De fleste af neutronerne blev brugt til at fremstille radioaktivt fosfor til Hevesy og hans medarbejdere, som anvendte det i biologiske tracer-forsøg. Til det formål blev kilden holdt indesluttet i en stor flaske, der indeholdt cirka ti liter kulstofdissulfid, en giftig og meget brandfarlig væske. Af sikkerhedsgrunde blev flasken opbevaret på bunden af en dyb brønd i Instituttets kælder. Hver anden uge blev væsken udskiftet, og den bestrålede væske blev behandlet for at udtrække det radioaktive fosfor, P^{32} . Engang smuttede flasken og gik i stykker, og assistenten undslap op ad vinkeltrappen forfulgt af dampene, der ville have sprængt en stor del af instituttet i luften, hvis der havde været en gnist. Vor største pumpe blev sat i gang med at fjerne disse dampe, men alligevel tog det hele natten. Jeg boede dengang i tagetagen på Instituttet, og jeg husker, hvordan jeg gik i seng i en fatalistisk sindsstemning. Jeg var der imidlertid stadig næste morgen, og faren var ovre.

I mellemtiden kom der mere og mere besynderlige nyheder fra Rom.

Fermi havde nemlig fundet ud af, at neutroner kunne bremses, ved at man lod dem passere gennem stoffer, der indeholdt brint, som f. eks. paraffin eller vand, og at sådanne neutroner meget let blev indfanget af kerner. Dette var særdeles overraskende. Efter hvad man dengang troede om kerner, skulle selv en langsom neutron som oftest passere tværs gennem kernen med ringe sandsynlighed for at blive indfanget. Bethe i USA havde forsøgt at beregne denne sandsynlighed, og jeg husker det kollokvium – i slutningen af 1935 – hvor en eller anden fortalte om Bethes afhandling. Bohr blev ved med at afbryde, og jeg undrede mig, lidt utålmodig, over at han ikke lod taleren blive færdig. Så standsede Bohr brat midt i en sætning og satte sig ned; hans ansigt var pludselig ganske livløst, og vi var bange for, at han var blevet dårlig. Men efter nogle sekunders forløb rejste han sig igen og sagde med sit undskyldende smil: »Nu forstår jeg det.«

Den forståelse, han nåede frem til ved hint mindeværdige kollokvium, er blevet kendt som »compound-kernen«. Bohr havde indset, at en neutron, der kommer ind i en kerne, straks støder sammen med en af protonerne eller neutronerne i dens indre, og at disse partikler derefter støder sammen med andre, så at hele neutronens oprindelige energi meget hurtigt fordeles mellem mange partikler. Derefter tager det lang tid (i virkeligheden en lille brøkdelt af et sekund – men lang tid i forhold til de tider, man ellers har at gøre med i kerneprocesser) før en af partiklerne tilfældigvis får tilstrækkelig energi til at slippe ud, og hvis en foton (et gamma-kvant) i mellemtiden er blevet udsendt, kan neutronen ikke længere slippe bort. At compound-kernen eksisterer så lang tid betyder – på grund af ubestemt-hedsrelationen – at den kan have skarpt definerede energitilstande, og dette åbnede spændende muligheder.

Jeg forstod ikke meget af det dengang, men Placzek gjorde. Sammen foretog vi målinger af absorptionen af langsomme neutroner i guld, cadmium og bor samt forskellige forbindelser af disse grundstoffer. Der var gode grunde til at tro, at absorptionen af neutroner i bor skulle følge en simpel lov, nemlig at den skulle være omvendt proportional med neutronernes hastighed, og ud fra vore målinger kunne Placzek beregne hastigheden af de neutroner, der blev stærkest absorberet i guld. Resultatet var, at guld viste en skarp »resonans« for neutroner med en energi på kun nogle få elektronvolt. Det var mange tusinde gange mindre, end nogen tidligere havde ventet, men det var netop, hvad Bohr nu formodede ud fra

sin idé om compound-kernen. Man kan forestille sig, hvor glad Bohr var over resultatet af vort arbejde, og han tilskyndede os til at publicere det i en fart. Det var ikke så nemt. Placzek og jeg havde nemlig meget forskellige ideer om, hvorledes vi skulle fremlægge vore resultater, og eftersom han først vågnede op om aftenen, måtte vi skrive afhandlingen om natten, og de fleste af de afsluttende diskussioner blev ført ud på de små timer, hvor jeg var søvrig og stædig. Men efter nogle få anstrengende nætter blev vi endelig enige om teksten trods Placzeks lidenskabelige protester, og jeg bragte den selv hen på posthuset klokken fire om natten for at forhindre, at diskussionen blev genoptaget.

For resten havde vi brug for temmelig tykke lag af guld til vore målinger, og Placzek kom da på den idé at benytte de Nobel-medaljer, som nogle af Bohrs venner havde overladt i hans varetægt, da nazisterne kom til magten. Det var os en kilde til stor tilfredsstillelse, at disse ellers unyttige medaljer kunne anvendes til et videnskabeligt formål! Medaljerne var også en gang senere i fare, nemlig da Danmark blev besat af nazisterne, og de blev reddet af Hevesy, der opløste dem i syre og opbevarede dem i en flaske. Efter besættelsen blev guldet atter udvundet og igen slået til medaljer. Men det var efter min tid.

Der var endnu en medarbejder, med hvem jeg stod i nær kontakt på den tid, nemlig Laslett, en slank, benet, tavs amerikaner, som var kommet for at hjælpe os med at bygge en cyklotron. Han syntes at tilbringe meget af sin tid i en stol, der var vipet bagover, med benene på bordet og et tegnebræt i skødet, medens han uforstyrret lavede udkast til den ene del efter den anden. Beslutningen om at bygge en cyklotron var blevet taget i 1935. Jeg husker, at da den 40 tons tunge magnet, en gave, der var blevet fremstillet efter mål af Thomas B. Thrige i Odense, ankom, opdagede vi, at dens største del var for stor til at kunne gå gennem vinduet i det rum, der var bygget til den, så en del af muren måtte slås ned. På samme tid var man i færd med at bygge to andre cyklotroner af lignende størrelse i Stockholm og Liverpool. Vi førte en hel del korrespondance med de to steder og aflagde engang et besøg i Stockholm, hvor vi, »kärn-gubbarna«, blev modtaget med sand svensk gæstfrihed. I sidste ende var det vor maskine, der kom i gang først, og den blev således den første cyklotron på denne side Atlanten.

Det blev endvidere besluttet at købe en højspændingsgenerator til en million volt i Tyskland, og jeg blev sendt til Leipzig for at aftale nogle af

detaljerne med fabrikken. Det gav mig en sardonisk glæde at blive behandlet som en æret gæst af de mennesker, der havde fyret mig under Hitlers racelove, men som var villige til at glemme disse love, når det var til deres økonomiske fordel. Maskinen blev leveret som planlagt og var taget i brug, da jeg forlod København.

Det var lykkelige tider for mig. Opdagelsen af neutronresonansen havde åbnet et nyt forskningsområde, inden for hvilket man hurtigt og med simple midler kunne udføre interessante eksperimenter. I dag har man naturligvis med stor nøjagtighed kortlagt i dusinvis af resonanser for ethvert grundstof på kemikerens hylde, men dengang var det meget spændende, da den første resonans kunne lokaliseres groft og dens væsentligste karakteristika bestemmes for nogle få udvalgte grundstoffer – guld, jod og arsen. Alt dette tjente til støtte for Bohrs forestilling om compound-kernen og til at lære os mere om dennes egenskaber, og Bohr interesserede sig naturligvis meget for dette arbejde. Men den mest personlige kontakt kom vi i ved de hyppige lejligheder, hvor Bohr inviterede nogle stykker af os ud til Carlsberg, hvor vi, medens vi nippede til kaffen efter middagen, sad nær ved ham – nogle af os bogstavelig talt for hans fødder på gulvet – for ikke at gå glip af et ord. Her var, følte jeg, Sokrates vakt til live igen, tilkastende os udfordringer på sin blide måde, idet han løftede ethvert argument op i et højere plan, hvorved han drog visdom ud af os, som vi ikke vidste var i os (hvilket den naturligvis heller ikke var). Vore samtaler rakte fra religion til genetik, fra politik til kunst, og når jeg cyklede hjem gennem gaderne i København, følte jeg mig helt beruset af den Platoniske dialogs ildnende ånd.

I 1938 begyndte det at mørkne i horisonten. Vi havde alle iagttaget Nazi-Tyskland med ængstelse, idet vi følte, at dets filosofi inden længe ville føre det ud i en erobringskrig. Okkupationen af Rhinlandet fik os til at frygte, at tidspunktet nu ikke lå langt forude. Besættelsen af Østrig i marts 1938 gjorde mig – i formel henseende – til tysker i stedet for østriger. Min tante, fysikeren Lise Meitner, som havde vundet berømmelse gennem mange års arbejde i Tyskland, var nu i fare for at blive afskediget, og der gik også rygter om, at det måske ikke ville blive tilladt videnskabsmænd at forlade Tyskland. Derfor besluttede hun at tage af sted i hemmelighed, bistået af sine venner i Holland, og i efteråret tog hun imod en indbydelse til at arbejde i Stockholm ved Nobelinstitutet. Jeg havde altid haft for skik at fejre jul med hende i Berlin. Denne gang blev hun inviteret til at

tilbringe julen hos nogle svenske venner i Kungälv (i nærheden af Göteborg), og hun inviterede nu mig med. Det skulle blive det mest betydningsfulde besøg i hele mit liv.

Lad mig først forklare, at Lise Meitner havde arbejdet sammen med kemikeren Otto Hahn i henved tredive år, og i de sidste tre år havde de studeret de radioaktive produkter, der blev dannet, når uran bombarderedes med neutroner. Fermi, som var den, der først opdagede disse produkter, troede at de var nye »transuranske grundstoffer«, d.v.s. grundstoffer, der i det periodiske system står efter uran (det tungeste af de grundstoffer, der forekommer i naturen), og Hahn og Meitner fik i begyndelsen resultater, der bekræftede denne opfattelse. Men det syntes vanskeligt at forklare det store antal stoffer, der blev dannet, og sagen blev endda endnu mere kompliceret, da man (i Paris) fandt nogle, der tilsyneladende var lettere end uran. Lige inden Lise Meitner forlod Tyskland, havde Hahn bekræftet, at det forholdt sig således, og at tre af disse stoffer i kemisk henseende opførte sig ligesom radium. Det var vanskeligt at fatte, hvorledes radium – der står fire pladser før uran – skulle kunne dannes ved bombardement med en neutron, og Hahn besluttede at udføre omhyggelige kontrolforsøg for at være helt sikker på, at disse stoffer virkelig var af samme kemiske natur som radium.

Da jeg kom ud fra mit hotelværelse efter den første nat i Kungälv, fandt jeg Lise Meitner i færd med at studere et brev fra Hahn, øjensynlig meget forvirret over det. Jeg ville diskutere et nyt eksperiment, jeg var ved at planlægge, med hende, men hun ville ikke høre efter; jeg måtte læse det brev. Dets indhold var virkelig så forbløffende, at jeg i begyndelsen var tilbøjelig til at stille mig skeptisk. Hahn og Strassmann havde fundet, at de tre stoffer ikke var radium, kemisk set; det havde nemlig vist sig, at det var umuligt at adskille dem fra det barium, som de havde tilsat for at lette de kemiske undersøgelser. De var, omend modstræbende og tøvende, kommet til den konklusion, at det var isotoper af barium.

En formodning om, at de alligevel havde begået en fejl, blev afvist af Lise Meitner; hun forsikrede mig, at Hahn var alt for god en kemiker til, at dette kunne være muligt. Men hvordan kunne da barium blive dannet af uran? Man havde aldrig før fraspaltet dele af atomkerner, der var større end protoner og heliumkerner (alfa-partikler), og den tanke, at et større antal af sådanne fragmenter skulle blive fraspaltet på én gang, kunne afvises; dertil var der ikke energi nok. Det var heller ikke muligt,

at urankernen kunne være blevet spaltet midt over. En atomkerne er jo ikke som et skørt fast legeme, der kan spaltes eller brækkes i stykker. Bohr havde fremhævet, at atomkernen langt snarere lignede en væskedråbe. Måske kunne en dråbe deles i to mindre dråber, hvis det foregik mere gradvist, ved at den først blev aflang, dernæst snævredes ind på midten for til sidst nærmere at blive revet end brækket i to stykker. Vi vidste, at der var stærke kræfter, der ville modvirke en sådan proces, på lignende måde som overfladespændingen hos en almindelig væskedråbe modvirker dens deling i to mindre dråber. Men atomkernen adskilte sig på ét væsentligt punkt fra en almindelig dråbe: den var elektrisk ladet, og man vidste, at dette ville formindske virkningen af overfladespændingen.

Da vi var kommet så vidt, satte vi os begge ned på en træstamme (hele diskussionen havde fundet sted, medens vi vandrede i sneen gennem skoven, jeg med ski på, Lise Meitner uden) og begyndte at regne på nogle papirlapper. Vi kom til det resultat, at urankernens ladning virkelig var stor nok til næsten fuldstændigt at ophæve virkningen af overfladespændingen; urankernen kunne faktisk være en temmelig ustabil dråbe, der var rede til at dele sig ved den mindste påvirkning (såsom stødet fra en neutron).

Men der var endnu et problem. Når de to dråber var adskilt, ville de slynges fra hinanden som følge af deres gensidige elektriske frastødning, hvorved de ville opnå meget store energier, i alt omkring 200 millioner elektronvolt; hvor kunne denne energi da komme fra? Heldigvis kunne Lise Meitner huske, hvorledes man beregner atomkernernes masser ud fra formelen for den såkaldte »packing fraction«, og på denne måde fandt hun ud af, at de to kerner, der ville dannes ved urankernens spaltning, tilsammen ville være omtrent en femtedel protonmasse lettere end den oprindelige urankerne. Men hver gang masse forsvinder, dannes der energi i overensstemmelse med Einsteins formel $E = mc^2$, og en femtedel protonmasse svarede netop til 200 millioner elektronvolt. Her var altså kilden til den opståede energi; alting passede!

Et par dage senere rejste jeg temmelig spændt tilbage til København. Jeg var ivrig efter at forelægge vore spekulationer – på dette tidspunkt var det faktisk ikke andet – for Bohr, der netop skulle rejse til USA. Da jeg fik fat på Bohr, havde han kun nogle få minutter tilovers, men jeg var næppe begyndt at tale, før han slog sig for panden og udbrød: »Sikke nogle idioter vi har været allesammen! Men dette her er jo vidunderligt!

Det er netop sådan, det må være! Har De og Lise Meitner skrevet en afhandling om det?« Jeg sagde, at det havde vi ikke, men vi ville gøre det straks, og Bohr lovede ikke at tale om sagen, førend noten var kommet ud. Så styrtede han af sted for at nå båden.

Lise Meitner var i mellemtiden vendt tilbage til Stockholm, og artiklen blev forfattet under nogle rigstelefontaler. Jeg spurgte en amerikansk biolog, der arbejdede hos Hevesy, hvilken benævnelse man bruger for den proces, hvorunder en bakterie deler sig i to; han sagde, man kaldte den for »fission«, og dette udtryk benyttede jeg i noten. Placzek var skeptisk; kunne jeg ikke udføre nogle forsøg for at påvise eksistensen af disse energirige fragmenter af urankernen? Mærkeligt nok var denne tanke slet ikke faldet mig ind, men nu gik jeg hurtigt i gang. Forsøget (som i virkeligheden var meget nemt) blev gennemført i løbet af to dage, og en kort note derom blev afsendt til »Nature« sammen med den første note, som jeg i telefonen havde forfattet sammen med Lise Meitner. Der gik seks uger, inden »Nature« trykte disse noter, og i mellemtiden hændte der mangt og meget.

Ombord på skibet på vej til Amerika kunne Bohr ikke finde ro i sit sind, førend han var sikker på, at han virkelig forstod mekanismen i fissionsprocessen. Sammen med Rosenfeld, der ledsagede ham på rejsen (og fra hvem jeg har de følgende detaljer), undersøgte han på sin sædvanlige måde problemet fra alle tænkelige synsvinkler. Til sidst fandt han et meget enkelt argument, som viste, hvorfor der ville være en rimelig chance for fission, selv i konkurrence med andre mulige og mere kendte typer omdannelse, så snart de modvirkende kræfter er tilstrækkeligt svage. Ved kajen i New York ventede Wheeler for at følge Bohr og Rosenfeld til Princeton. Bohr blev imidlertid i New York, hvor han havde noget at ordne, og skulle først komme til Princeton et par dage senere. Endnu inden Bohrs ankomst blev Rosenfeld imidlertid inviteret til det sædvanlige møde i »journal club« i Palmerlaboratoriet, og dér spurgte man ham venligt, om han havde noget nyt at berette. Nu havde Bohr under deres diskussioner på overfarten ikke nævnt over for Rosenfeld, at han havde lovet at holde fissionsproblemet for sig selv, indtil vor note var kommet ud; Rosenfeld havde faktisk fået det indtryk, at noten allerede var udkommet eller at dens publikation var nært forestående. Han nærrede derfor ingen betænkelighed ved at fortælle tilhørerne om hele sagen, herunder også om Bohrs nyligt fremsatte argument, som afgjorde spørgsmålet på den mest

overbevisende måde. Som man kan tænke sig, blev meddelelsen modtaget med ikke ringe begejstring.

Da Bohr hørte om denne forhastede afsløring, blev han ængstelig, og da han vidste, hvor roligt man plejede at tage på tingene på Institutet, forsøgte han at bibringe os følelsen af sagens presserende karakter ved at sende os det ene telegram efter det andet, hvori han bad om yderligere oplysninger og foreslog nye forsøg. Nogle af forsøgene lykkedes det os at udføre, men vi havde ikke begreb om de bevæggrunde, der fik Bohr til at udvise en så usædvanlig utålmodighed. I virkeligheden handlede Bohr kun på grundlag af en formodning om, hvad der kunne ske, men til at begynde med anede han ikke engang, hvilket fantastisk kapløb, der allerede var sat i gang i en række amerikanske laboratorier, hvortil nyheden havde spredt sig fra Princeton, og hvor man søgte at udføre de samme nemme forsøg, som jeg allerede havde gjort for at påvise fissionsfragmenterne. Kort tid efter skulle nemlig American Physical Society afholde et møde i Washington, og alle ønskede at have sensationelle opdagelser at berette om. Ved dette møde kom sagen frem i sit fulde omfang, og lang tid efter måtte Bohr og Rosenfeld (der, som han fortalte mig, var meget forfærdet over de uventede konsekvenser af sin velmenende, men uovervejede meddelsomhed) udfolde store anstrengelser for at bevise den sande prioritet.

Hvor højt bølgerne gik, illustreres af følgende hændelse. En gruppe fysikere dér fra byen, som ikke tidligere havde fået nys om sagen, men først havde hørt om den på selve mødet, for af sted til deres laboratorium og arbejdede uden afbrydelse i to døgn for bagefter at kunne fortælle ved mødet, at også de havde set fissionsfragmenterne. De inviterede Bohr til at komme og se dem, og Rosenfeld beskrev senere for mig den scene, som Bohr og han var blevet vidne til: en fysiker iagttog apparatet, som registrerede partiklerne, samtidig med at han råbte i telefonen til en ivrig journalist: »Nu er der én til . . .« Næste dag bragte Washingtonavisen »Evening Star« en beretning om eksperimentet. På dette tidspunkt havde Bohr imidlertid fået besked om mine egne forsøg, dog med skam at melde ikke fra mig selv, men fra sin søn Hans. Dette var oprindelsen til den ofte gengivne historie om, at jeg var Bohrs svigersøn (til trods for at han ikke havde nogen døtre, og at jeg dengang var ugift). Jeg kan se for mig, hvordan det er gået til: en journalist spørger: »Hvordan fik De det at vide, professor Bohr?« Bohr: »Min søn skrev det til mig«. Journalisten

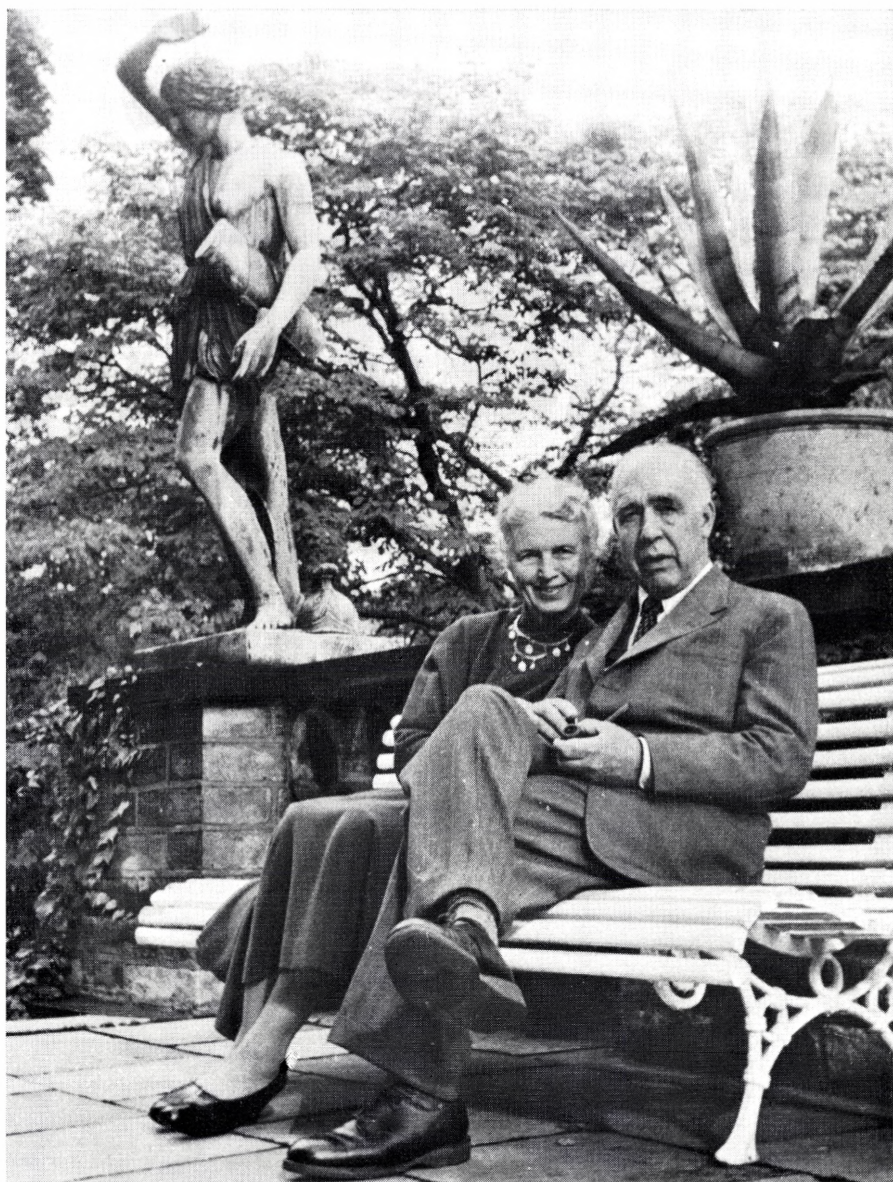
mumler: »Hans søn; men navnet er jo Frisch, så det må være en svigersøn.«

Medens alt dette postyr stod på i USA, gik vi i København roligt videre med vort arbejde. Lise Meitner tænkte sig, at også de fleste af de radioaktive stoffer, som man havde troet stod efter uran i det periodiske system, i virkeligheden var fissionsprodukter; en måned eller to senere kom hun til København, og vi bekræftede da hendes formodning ved at benytte en teknik, hun som den første havde benyttet tredive år forinden. Og alligevel havde vi midt i denne ophidselse overset det vigtigste punkt: kædereaktionen.

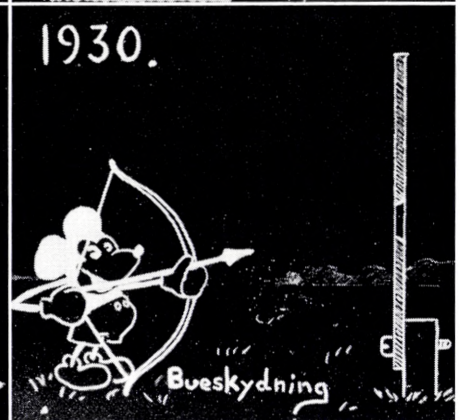
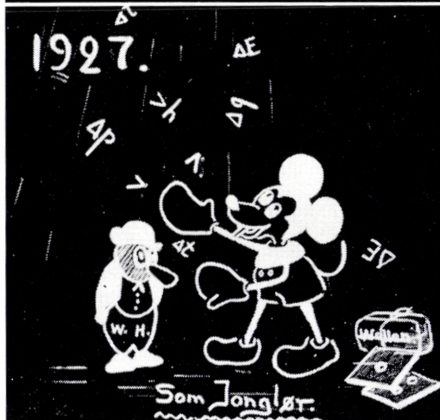
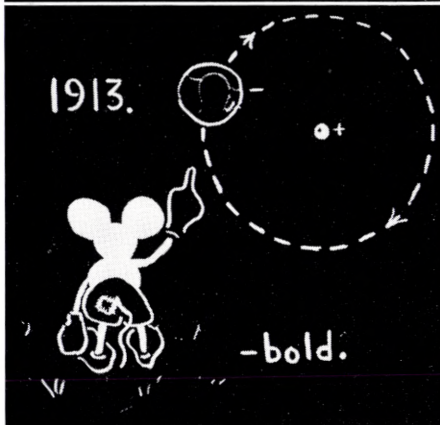
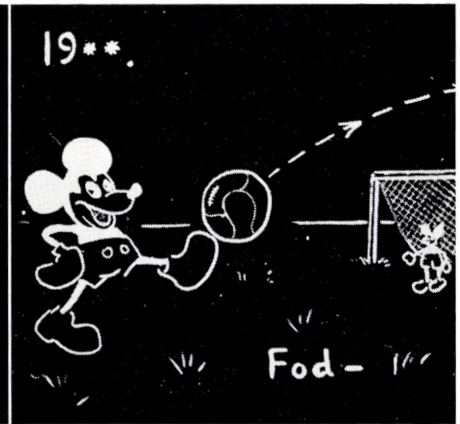
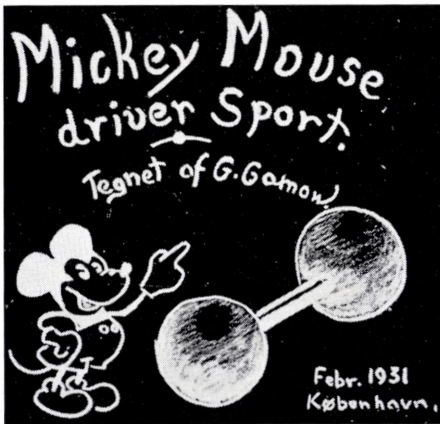
Jeg tror, det var flere uger senere, at Møller for første gang fremsatte den tanke, at fissionsfragmenterne kunne indeholde energi nok til at udsende én eller endda to neutroner. Mit umiddelbare svar var, at i så fald kunne der hverken eksistere uran eller uranlejer; de ville være sprunget i luften for længe siden som følge af den eksplosive produktion af neutroner i dem! Men jeg indså hurtigt, at dette argument var for naivt; uranmalmen indeholdt jo mange andre grundstoffer, som kunne opsluge neutronerne, og lagene var måske tynde, så de fleste neutroner ville undslippe. På denne måde opstod det spændende fremtidsperspektiv, at man ved (med den fornødne forsigtighed!) at samle en tilstrækkelig stor mængde rent uran kunne sætte en kontrollerbar kædereaktion i gang og frigøre kerneenergi i betydeligt omfang. Bombens spøgelse dukkede naturligvis også op, men det så i hvert fald foreløbig ud til, at det ikke behøvede at volde os megen ængstelse. Denne følelse af sikkerhed var baseret på et ræsonnement af Bohr, som var meget skarpsindigt og lod til at være overbevisende.

I en afhandling om teorien for fissionen, som Bohr skrev i samarbejde med Wheeler, havde han vist, at de fleste af de af fissionsfragmenterne udsendte neutroner ville være for langsomme til at fremkalde fission i den hyppigst forekommende uranisotop U^{238} . Den iagttagne fission ved langsomme neutroner tilskrev han den sjældne isotop U^{235} . Den eneste mulighed for at få en kædereaktion i gang med almindeligt uran var at sørge for, at neutronerne blev bremset, hvorved deres virkning på U^{235} forstærkes. På denne måde kunne man imidlertid ikke frembringe en effektiv eksplosion; opbremsningen af neutronerne tager tid, og selv om man var i stand til at skabe betingelserne for en hurtig produktion af neutroner, ville det i bedste (eller værste!) tilfælde føre til, at hele stofmængden spredtes, hvorved der kun ville blive frigjort en ubetydelig brøkdel af kerneenergien.

Alt dette var fuldstændig rigtigt, og udviklingen af kernereaktorer fulgte nøje de retningslinier, som Bohr havde forudset allerede få måneder efter opdagelsen af fissionen. Hvad han ikke havde forudset, var den fanatiske opfindsomhed hos de allieredes fysikere og ingeniører, som blev drevet frem af angsten for, at Hitler skulle udvikle det afgørende våben, før de selv gjorde det. Jeg var i England, da krigen brød ud, og i Los Alamos, da jeg så Bohr igen. På det tidspunkt var det blevet klart, at der var hele to veje, der førte til en effektiv kerneeksplosion: den ene bestod i renfremstillingen af den letsplaltelige isotop U^{235} , den anden i benyttelsen af det nye grundstof plutonium, der dannes i en kernereaktor. Mange af os var begyndt at gøre os bekymringer med hensyn til, hvad fremtiden skulle bringe en menneskehed, der var i besiddelse af så frygteligt et våben; endnu engang var det Bohr, der lærte os at tænke konstruktivt og se forhåbningsfuldt på situationen. Men dette er der andre, der har bedre forudsætninger for at berette om end jeg.



På en bæk i haven på Carlsberg. Billedet er taget i anledning af 70-års dagen i 1955



Dette er et eksempel på den mere spøgefulde side af livet på Institutet. Nogle billeder af en serie tegnet af fysikeren George Gamow, hvori han fremstillede atomfysikkens historie med Mickey-Mouse (= Niels Bohr) i hovedrollen