



*Ove Nathanson*



## Ove Nathan

12. januar 1926 – 9. Februar 2002

Af Ole Hansen

### *Indledning*

12-01	1926	Født
	1944	Studentereksamen, Lund
	1952	Cand. polyt.
	1953	Fondsansat ved NBI
	1958-59	Studieophold, U. of Pennsylvania
	1964	Dr. phil.
	1967-68	Studieophold, Saclay, Paris
	1970	Professor, KU
	1982	Rektor, KU
	1994	Fri igen
07-02	2002	Afgået ved døden

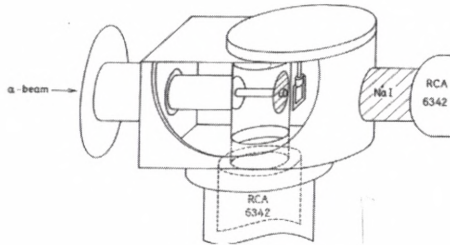
Tabellen ovenfor viser den ydre "karriere"-ramme for Ove Nathan. Den blev udfyldt med forskning og undervisning fra 1953 til 1982, med administration og forskningspolitik, med energipolitik og et stærkt internationalt engagement for at holde de videnskabelige kommunikationslinier mellem den vestlige verden og den sovjetiske verden åbne fra begyndelsen af 70'erne til godt ind i 90'erne, og den sluttedes af med en didaktisk præget udgivelsesvirksomhed om fysik, til dels i den store danske encyklopædis ramme.

Ove har selv beskrevet dette sit liv op til midten af 90'erne i sin selvbiografi *Egne Veje* [1]. Jeg vil her koncentrere mig om Oves eksperimentelle forskning i kernefysik, som han underspiller i sin bog, og sige nogle få ord om hans virke efter rektortiden, som han ikke dækker.

### Kernevibrationer

Atomkernerne var uden facon (form), indtil N. Bohr og F. Kalckar i 1937 [2] tillod dem at opføre sig som væskedråber, når de var højt exciterede over deres grundtilstand. Omkring 1950 begyndte kernerens protoner og neutroner at bevæge sig i baner omkring kernens centrum, ifølge Mayer og Jensen [3], og derved var de næsten blevet til stive legemer. Bohr og Mottelson [4] opdagede, at kerner (i alt fald visse kerner) kunne rotere, de udviste tilstande, der havde energier proportionalt med kvadratet på spinnets, og som havde spinfrekvenser 0-2-4 for kerner med lige protontal og lige neutron-tal. Når de kan rotere, er de *ikke* kugleformede, de er formede som ellipsoider. Derfor må kerner også kunne vibrere mellem sfærisk og ellipseform. Fra væskedråbeanalogien kan man også have andre former, f.eks. en pæreform. Da Ove begyndte at eksperimentere, havde J. Weneser og G. Goldhaber [5] karakteriseret ellipseformsvibrationer (kvadrupoler) systematisk, og dipolvibrationer var endnu tidligere beskrevet af M. Goldhaber og E. Teller [6]. Men de pæreformede havde man ikke fundet. Oves interesse var fra første færd at studere vibrationer og fra slutningen af 50'erne specielt at finde de pæreformede, oktupolerne.

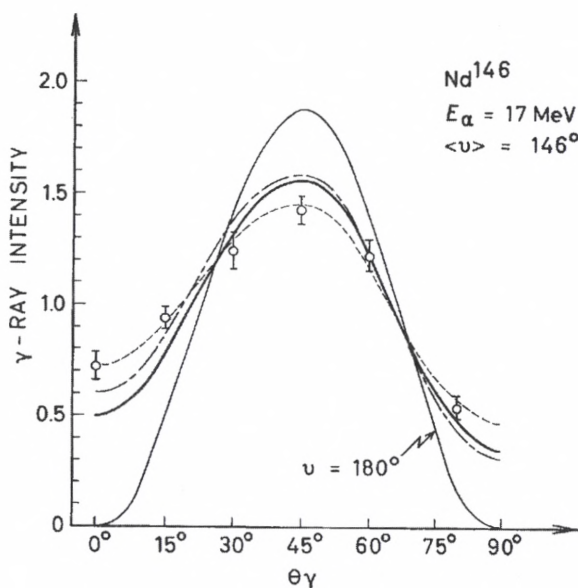
Efter en række forsøg med radioaktive henfald, flyttede Ove til "Lassens cyklotron", hvor han udarbejdede en meget smuk opstilling ([7] og figur 1).  $^4\text{He}$  kerner ( $\alpha$ -partikler) med op til 20 MeV energi ledes gennem en ring af CsI, uden at røre den, til en stof-



Figur 1

Ove Nathans spredningskammer, lavet i aluminium, til undersøgelse af kernevibrationer. CsI krystallen, omtalt i teksten, er den første skraverede cirkel, lige til venstre for den lille ramme, der holder stofprøven. Fotorøret, som "ser" lyset fra CsI krystallen, er nederst i figuren, medens NaI krystallen, der detekterer gammastrålen, ses skraveret til højre i figuren. Figuren er yderligere forklaret i teksten.

prøve, som  $\alpha$ -partiklerne løber ind i. Hvis en  $\alpha$ -partikel spredes bagud, kan den ramme CsI-ringen, som giver et lysglimt fra sig. Dette "ses" af et fotorør og giver et signal proportionalt med  $\alpha$ -partiklens energi. Hvis  $\alpha$ 'en har sat en svingning i gang i kernen, har den mistet lidt energi, hvilket kan detekteres fra fotorørets signal. Nogle få nanosekunder senere henfalder svingningen og en elektromagnetisk stråling udsendes, som kan måles i en NaI krystal. De to signaler,  $\alpha$  og  $\gamma$ , bliver kun registreret, hvis de er "samtidige" inden for  $\sim 300$  nanosekunder. Både  $\alpha$ -energien og  $\gamma$ -energien måles, men altså kun for "samtidige" begivenheder. Geometrien af  $\alpha$ -tælleren er symmetrisk omkring beamretningen. Derved dannes den svingende tilstand med sit spin i foretrukne retninger, ikke isotropt, og derved udsendes  $\gamma$ 'en i foretrukne retninger, afhængig af de spinværdier, der er involveret. F.eks. vil en spinsekvens  $0 \rightarrow 2 \rightarrow 0$ , svarende til anslag af en ellipsevibration, have næsten dobbelt så



Figur 2

Intensiteten af den udsendte gammastråling er afbildet som funktion af NaI krystallens vinkel med retningen af  $\alpha$ -partiklerne fra cyklotronen. Intensiteten er stor ved 45° og lille ved 0° og 90°, hvilket karakteriserer en spinsekvens  $0 \rightarrow 2 \rightarrow 0$ . De forskellige kurver i figuren illustrerer dels geometriske korrektioner og dels en teoretisk tolkning.

Atomkerne	Energi i MeV	Antal partikler i svingningen
<sup>106</sup> Pd	2.09	Ikke målt
<sup>108</sup> Pd	1.99	≤ 40
<sup>110</sup> Cd	2.06	120
<sup>112</sup> Cd	1.97	70
<sup>114</sup> Cd	1.94	73
<sup>116</sup> Cd	1.92	Ikke målt
<sup>114</sup> Sn	2.29	90
<sup>116</sup> Sn	2.24	100
<sup>118</sup> Sn	2.28	Ikke målt
<sup>120</sup> Sn	2.40	Ikke målt
<sup>122</sup> Sn	2.50	107
<sup>124</sup> Sn	2.55	95
<sup>124</sup> Te	2.25	≤ 70
<sup>126</sup> Te	2.32	Ikke målt
<sup>128</sup> Te	2.45	≤ 70
<sup>130</sup> Te	2.32	Ikke målt
<sup>136</sup> Ba	2.49	Ikke målt
<sup>138</sup> Ba	2.83	Ikke målt
<sup>140</sup> Ce	2.47	93
<sup>142</sup> Ce	1.66	135
<sup>142</sup> Nd	2.08	52
<sup>144</sup> Nd	1.51	30
<sup>146</sup> Nd	1.21	46
<sup>148</sup> Nd	1.03	46
<sup>150</sup> Nd	0.91+0.98	32
<sup>144</sup> Sm	1.75	Ikke målt
<sup>148</sup> Sm	1.16	≈ 34
<sup>150</sup> Sm	1.07	27
<sup>152</sup> Sm	1.07	31
<sup>154</sup> Sm	1.01	15

mange  $\gamma$ 'er  $45^\circ$  fra beamretningen som i selve beamretningen eller vinkelret på den ([8] og figur 2).

Sekvensen, der vil svare til en pæreformet svingning,  $0 \rightarrow 3 \rightarrow 2$  er helt forskellig, intensiteten stiger jævnt fra 0 til 90. Denne geometri, som nu tillader at genkende de pæreformede (oktupol) vibrationer, hvis de da er der, blev udarbejdet af Ove i samarbejde med Aage Winther og Kurt Alder [9]. Den førte til identifikationen af en lang række oktupol-vibrationer, som vist i tabellen ovenfor [8]. Forholdet mellem antallet af uelastisk spredte og elastisk spredte  $\alpha$ 'er er et mål for tilstandens deformationsgrad, svingningsamplituden (eller levetiden). Tallene i tabellens sidste kolonne angiver, hvor mange partikler der deltager i svingningen – og det er forbavsende mange, alt for mange ifølge teorien, og tallene er da også forkerte, ca. 5 - 10 gange for store. Det er ikke en forkert måling, men vi brugte en kernereaktionsmodel, hvor kun elektriske kræfter virkede mellem  $\alpha$  og kerne. Det viste sig, at ved de energier, vi brugte, spillede kernekræfterne en vigtig rolle, en betydning man først noget senere kunne beregne (R. Satchler [10]). Ove afsluttede sine studier af kernevibrationer med en disputats, som blev forsvaret med glans i 1964 efter ca. 10 års intens eksperimenteren [11]. Samtidig skrev Ove med Sven Gösta Nilsson fra Lund en stor oversigtsartikel om de kollektive vibrationer og rotationer, refereret hundreder af gange og kendt som "Nathan and Nilsson" [12].

### *Parkræfter i kernerne*

I 1958 havde Bohr, Mottelson og Pines [13] foreslået, at der i kernerens overflade var kræfter mellem ens nukleonpar, 2 neutroner eller 2 protoner, som kunne give fænomener, der lignede superledning i visse faste stoffer, hvor kræfterne er mellem elektronpar og er elektriske. For kernerens vedkommende har naturen forsynet os med et særligt nyttigt redskab til at undersøge, om kerner er superledende, nemlig isotopen tritium, en brintisotop, hvor et neutronpar hænger ved en proton. Skyder man tritium mod en kerne med lige protontal og lige neutrontal, hvis grundtilstand er superledende, kan tritiums neutronpar afsættes i den superledende tilstand, medens protonen flyver videre – og det vil ske med meget større sandsynlighed til en superledende tilstand i slutkernen end til nogen anden tilstand. Ved observation af de videreflyvende protoner skulle disses energi altså svare til, at den superledende tilstand, som formodes at være grundtilstanden i slutkernen,

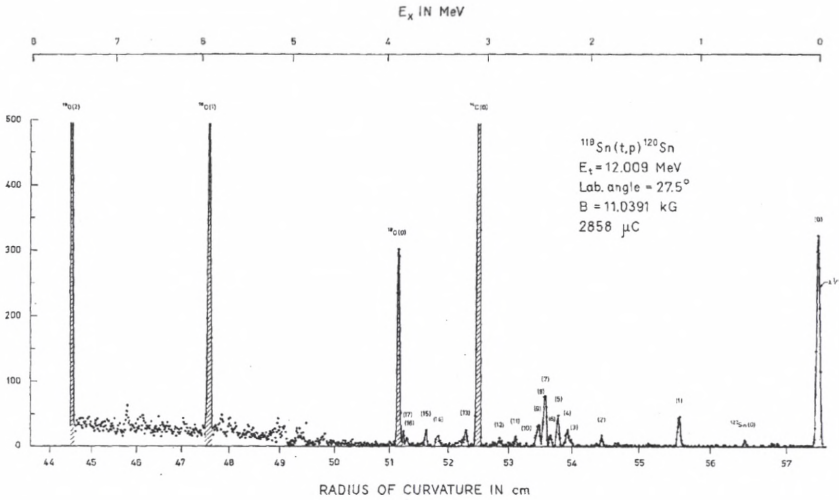
targetkerne plus to neutroner, befolkes i præference til nogen anden tilstand. Alle tilstande, der omtales her, er spinløse.

Figur 3 viser et protonspektrum fra kernereaktionen  $^{118}\text{Sn}(t, p)^{120}\text{Sn}$  [14], hvor både grundtilstanden i  $^{118}\text{Sn}$  og  $^{120}\text{Sn}$  skulle være superledende og er spinløse. Et spektrum er antallet af protoner tegnet som funktion af protonens impuls. En top svarer til, at en tilstand i slutkernen befolkes i kernereaktionen. Toppen ude til højre i figuren svarer til befolkning af grundtilstanden i  $^{120}\text{Sn}$ , som klart er meget stærkere befolket end nogen anden  $^{120}\text{Sn}$  tilstand, som er vist som de små toppe til venstre for grundtilstanden – og så er grundtilstandstoppen endda blot tegnet til  $1/3$ 's højde! Denne figur er fra en afhandling fra 1968 af Ove og medarbejdere [14]. Og det er både anakronistisk og uretfærdigt at bruge dette spektrum, for superledningen blev faktisk publiceret i 1964 af Middleton og Pullen fra det engelske forsøgslaboratorium i Aldermaston. Middleton havde vist sit spektrum fra  $\text{Cd}(t, p)$  ved et seminar i København i 1963 [15], hvor han viste det sidst i seminaret med den kommentar, at dette spektrum var den største skuffelse, han havde haft med denne  $(t, p)$ -reaktion, "så svært arbejde og så bare observere en grundtilstand i nabokernen!" Bohr og Mottelson sprang op og nærmest råbte: "Ja, men det er da det mest spændende, du har vist" – en direkte demonstration af neutron-superledning!

Efter Middletons besøg udvirkede Aage Bohr, at et samarbejde med Aldermaston blev bragt i stand under Oves ledelse fra dansk side og med Stan Hinds fra engelsk side, idet Middleton var emigreret til USA i mellemtiden. Ove og jeg besluttede at lave en systematisk undersøgelse af  $(t, p)$ -reaktionen på kerner, der var superledende (Sn), nær lukkede skaller og derfor ikke superledende (Ca, Pb, Tl), og Sm-kernerne, hvor  $^{144}\text{Sm}$  ikke er superledende eller deformeret, idet den har en lukket neutronskaal,  $^{148}, ^{150}\text{Sm}$  er sfæriske (ingen rotationsspektre) og måske superledende, og  $^{152}, ^{154}\text{Sm}$  er ellipseformede og måske superledende. Et kæmpeprogram, som varede i over 10 år.

Aage og Ben ville have, at vi ledte efter noget, de kaldte parvibrationer, men vi kunne ikke forstå, hvor vi skulle finde dem – i superledende, i deformerede eller i kerner med lukkede skaller? Derfor dette vidt spredte program. Den første reaktion vi undersøgte var  $^{150}\text{Sm}(t, p)^{152}\text{Sm}$ , springet fra en sfærisk kerne til en ellipseformet kerne. Og denne lidt romantiske indstilling havde nær væltet os omkuld.



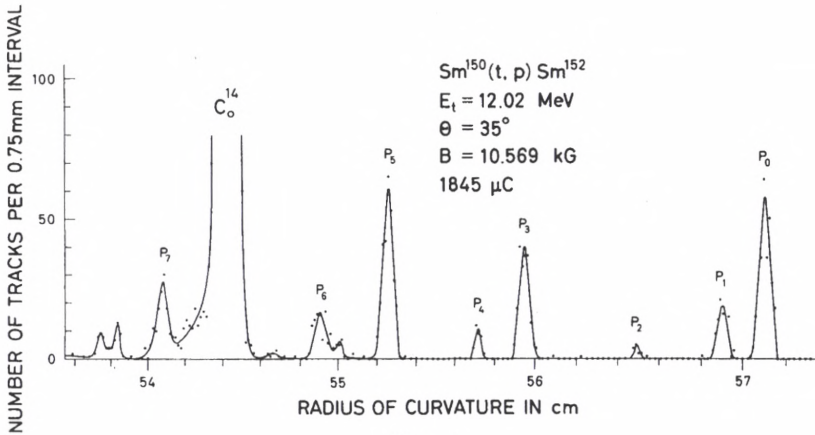


Figur 3

Figuren viser antallet af detekterede protoner ("tracks") som funktion af radius i protonens cirkelbevægelse gennem spektrometeret, en magnet. Denne radius er proportional med protonens impuls og dermed med kvadratroden af dens kinetiske energi. De skraverede toppe svarer til tilstande i forskellige urenheder i stofprøven, typisk kul, ilt og kvælstof. Figuren er yderligere forklaret i teksten.

Spektret af  $^{152}\text{Sm}$  [16] (se figur 4) viste nemlig 3  $0^+$  tilstande  $P_0$ ,  $P_3$  og  $P_5$ .  $P_0$  er grundtilstanden - og den skulle ikke være der, hvis  $^{150}\text{Sm}$  virkelig var sfærisk, og  $^{152}\text{Sm}$  havde en virkelig deformeret grundtilstand.  $P_3$  var en vibration på den deformerede grundtilstand og skulle næppe heller være stærk.  $P_5$  var en helt ny tilstand i  $^{152}\text{Sm}$ , og den kunne jo have været en sfærisk tilstand, svarende til sfæriske  $^{150}\text{Sm} + 2$  neutroner. Hvad vi så har, er et smukt eksempel på, at modeller skal tages med et gran salt.  $^{150}\text{Sm}$  er ikke deformeret, men er lige ved, og grundtilstanden har ret store nulpunktsvibrationer. Og det har alle de tre tilstande i  $^{152}\text{Sm}$  også, så de er kvantemekanisk "blandede" tilstande. Hele serien af Sm (t,p) resultater viste næsten alle de fænomener, vi kom ud for, men ikke noget, nogen rettelig ville kalde parvibrationer. (Denne publikation sammen med den komplette artikel [17] var programmets citations-topscorer!)

Parvibrationerne fandt vi i 1966 i  $^{48}\text{Ca}$  fra  $^{46}\text{Ca}$  (t,p), som en ny  $0^+$  tilstand 5,5 MeV over grundtilstanden. Når man læser denne



Figur 4

Spektrum af protoner fra kernereaktionen  $^{150}\text{Sm}(t,p)^{152}\text{Sm}$ . Figuren er forklaret i teksten.

afhandling [18], finder man ikke ordet parvibration! Vi vidste ikke engang, at vi havde fundet det, vi ledte efter! Først da vi fik Pb-kernerne, Tl og resten af Ca på plads, forstod vi, at parvibrationer ikke er i superledende kerner eller i deformerede kerner, men i kerner nær lukkede skaller. De svarer til, at de to neutroner fra tritium deponeres i de ubesatte baner over den lukkede skal, hvor parkraften lader neutronparret gå ind i den særlige konfiguration af skalmodeltilstande, som udgør grundtilstanden i kernen, som har to neutroner mere end den lukkede skal. I  $^{48}\text{Ca}$ , som har den lukkede skal, er parvibrationen en hybrid mellem grundtilstandene i  $^{46}\text{Ca}$  og  $^{50}\text{Ca}$  – to huller og to partikler rigtigt korrelerede. Subtilt!

Programmet kørte videre med studier af overførsel af et proton-neutron par, afsluttedes med oversigtsartikler i 1975 [19] og 1977 [20] og førte også til en meget smuk analogi til de rumligt deformerede og vibrerende kerner [21], alt i tæt samarbejde med R. Broglia og D. Bes og efter utallige diskussioner med Aage og Ben.

Tiden efter parkraft-undersøgelserne blev en overgangsperiode med forsøg i Tyskland (GSI) af en lidt større dansk gruppe under Oves ledelse. Den sidste eksperimentelle publikation fra Oves hånd er fra 1982 [22], næsten på datoen for Oves tiltrædelse som rektor.

*Eventyret i Aldermaston*

Som fortalt ovenfor foregik alle tritiumforsøgene i det engelske atombombelaboratorium ved Aldermaston. Da forsøgene begyndte, var der i den engelske atomenergikommission forhandlinger om besparelser i Aldermaston, og man besluttede, at netop tandemlaboratoriet, hvor vort program foregik, skulle lukkes, da dets budget svarede nøje til et af de fastlagte sparemål. Da dette blev kendt, var der de "sædvanlige" protester fra ledende videnskabsfolk, hvorefter beslutningen stod fast. Vor nærmeste medarbejder i Aldermaston, Stan Hinds, fandt på en plan for at redde vort program. Han bad os om at lave alle de stofprøver, vi havde besluttet for programmet og bringe dem til Aldermaston så hurtigt som muligt. Det blev gjort på nogle måneder i København, vi bragte prøverne over, hvorefter Stan sendte os hjem, så vi ikke var i vejen, for nu skulle der køres tandem. Det blev der også, dag og nat, og et par måneder senere ringede Stan og bad os komme over med en solid, men tom kuffert. Den blev bragt ind i tandemlaboratoriet, medens sikkerhedsvagterne nød en kop te (arrangeret af Stan), for det var jo lidt underligt at bringe en tom kuffert ind i et sikkerhedsområde. Det gik. Detektoren dengang var fotografisk film, monteret på glasplader, cirka 40 cm lange og tre cm brede. Der var hundreder af disse plader, som vi pakkede omhyggeligt ned i kufferten, og den næste dag smuglede vi kufferten (der nu var rigtig tung) ud under samme teceremoni, som da vi kom ind. Kufferten kom vel gennem sin transport til Blegdamsvej, hvor Ove og jeg marcherede ind, svingende (forsigtigt) med kufferten og følende os som fuldgældige medlemmer af Olsenbanden! En 10 års videnskabelig skat, frelst fra den frygtelige fe, der derefter (uvidende om dette kup) lukkede tandemlaboratoriet nogle få måneder senere. Stan emigrerede til Canberra i Australien, Ove og jeg fik en fantastisk tid med vore fotografiske plader.

*Afsluttende bemærkninger*

Ove foranstaltede som rektor en række "Bohr"-møder for at holde kanalerne mellem forskere på hver side af jerntæppet åbne. Efter sin rektortid lavede Ove i samarbejde med J. J. Gårdhøje, som formand for UNESCO's Danske National Komite, en stor konference i Paris, som en hyldest til Niels Bohr og for at styrke Niels Bohr Institutets renommé. Jens Jørgen følger stadig op på UNESCO-arbejdet. Oves arbejde for at udbrede interessen for fysik blev en hovedind-

sats i hans sidste år, hvor han især arbejdede sammen med Henrik Smith fra Ørsted Laboratoriet.

Ved universitetets årsfest i 1993, fortæller Jan Maegaard, bad Ove om, at Jan Maegaard ville sætte musik til et digt af J. P. Jacobsen, som Ove holdt meget af, så det kunne fremføres ved festen, hvilket skete. Jeg vil gerne slutte disse mindeord med Jacobsens digt om det store og det små:

*I Rummet det vældige vugges  
 Vor Jord som paa Havet et Blad  
 Og jeg er et Støvgran, der glimter  
 "Gud" veed i Lyset af hvad?  
 Og dog er det hele Solsystem,  
 Der vugges i Ætherens Bad,  
 En Krusning i mine Tankers Hav,  
 Kun lille, og kruset af hvad?*

## Litteraturliste

1. Ove Nathan, *Egne Veje*, Munksgaard-Rosinante, København, 1998.
2. N. Bohr and F. Kalckar, *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk.*, **14** (1937) no.10.
3. M.G. Mayer and J.H.D. Jensen, *Elementary Theory of Nuclear Structure*, Wiley, New York, 1955.
4. A. Bohr and B. Mottelson, *Physical Review*, **90** (1953) 717.
5. G. Scharff-Goldhaber and J. Weneser, *Physical Review*, **98** (1955) 212.
6. M. Goldhaber and E. Teller, *Physical Review*, **74** (1948) 1046.
7. O. Hansen and O. Nathan, *Nuclear Physics*, **37** (1962) 177.
8. O. Hansen and O. Nathan, *Nuclear Physics*, **42** (1963) 197.
9. K. Alder and A. Winther, *Nuclear Physics*, **37** (1962) 194.
10. R. Satchler, private communication, (1964).
11. Ove Nathan, *Nuclear Quadrupole and Octupole Vibrations*, Munksgaard, Copenhagen, 1964.
12. O. Nathan and S.G. Nilsson, in "Alpha-, Beta-, and Gamma-Ray Spectroscopy", Volume 1, (1965) 601, ed. K. Siegbahn, North-Holland, Amsterdam.
13. A. Bohr, B.R. Mottelson and D. Pines, *Physical Review* **110** (1958) 936.
14. J.H. Bjerregaard *et al.*, *Nuclear Physics*, **A110** (1968) 1.
15. R. Middleton and D.J. Pullen, *Nuclear Physics* **51** (1964) 77.
16. S. Hinds, J.H. Bjerregaard, O. Hansen and O. Nathan, *Physics Letters*, **14** (1965) 48.
17. J.H. Bjerregaard, O. Hansen, O. Nathan and S. Hinds, *Nuclear Physics* **86** (1966) 145.
18. S. Hinds, J.H. Bjerregaard, O. Hansen and O. Nathan, *Physics Letters*, **21** (1966) 328.
19. O. Hansen og O. Nathan, *Fysisk Tidsskrift*, **73**, (1975) 106.
20. D.R. Bes, R.A. Broglia, O. Hansen and O. Nathan, *Physics Reports*, **34C** (1977) 1.
21. O. Hansen and O. Nathan, *Comments on Nuclear and Particle Physics*, **5** (1972) 101.
22. P.R. Christensen *et al.*, *Nuclear Physics*, **A390** (1982) 336.
23. J.P. Jacobsen, Stemning I, *Samlede Skrifter*, Gyldendal, 11. Oplag (1948) 207.