

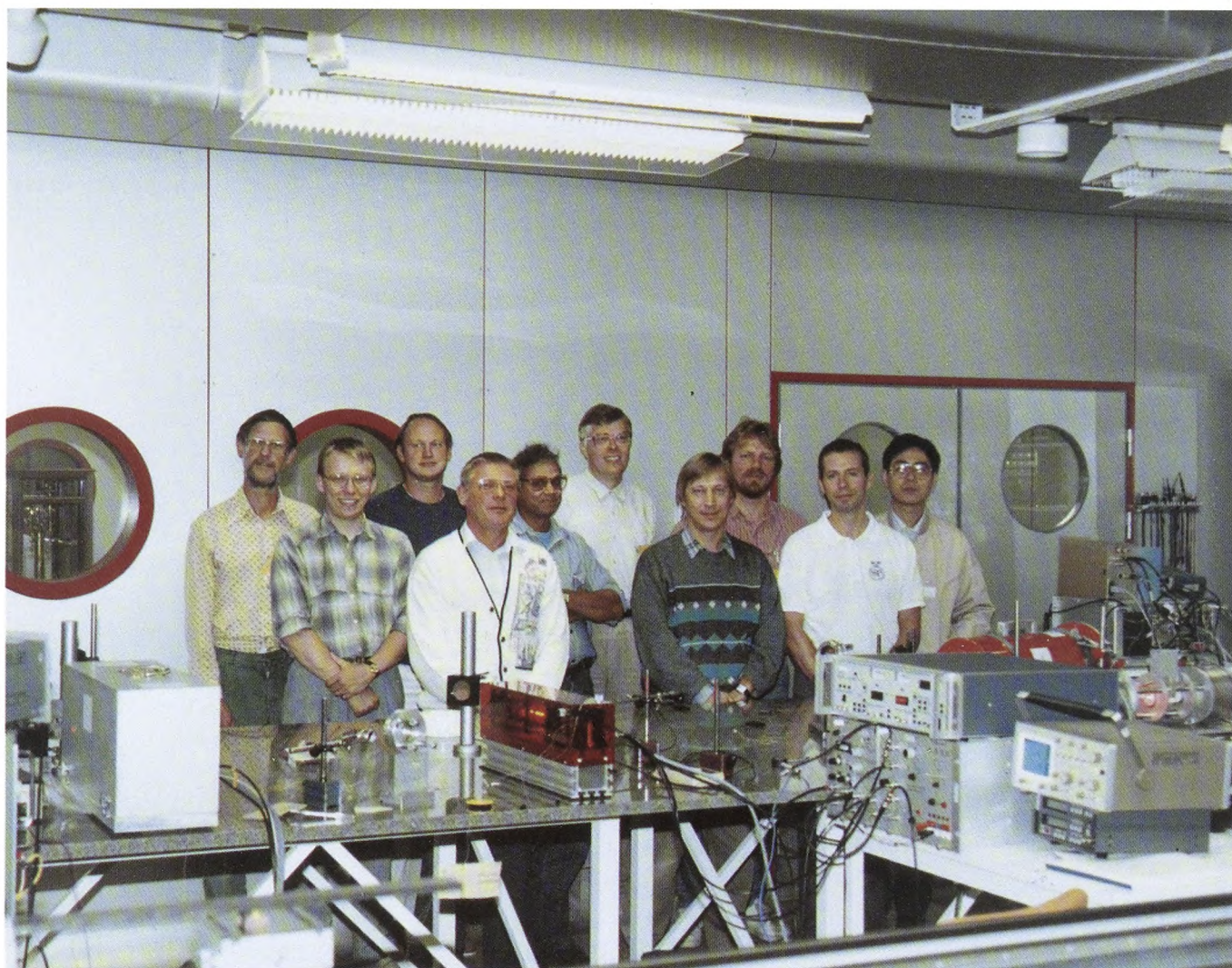
KVANT

oktober
1991

3

Fysisk Tidsskrift

2. årgang



NORMALMETEREN • TUNNELERING I NANOSTRUKTURER • SUPERSKALLER I METAL-
KLYNGER • LÆNGDEMÅLING I NABOGALAKSE • PROGRAM FOR AARSMØDE I DANSK
FYSISK SELSKAB • MEDALJEUDDELING I SELSKABET FOR NATURLÆRENS UDBREDELSE

TILMELDINGSSKEMA TIL AARSMØDE I DANSK FYSISK SELSKAB PÅ MIDTERSIDER

KVANT

Fysisk Tidsskrift

c/o Institut for fysik og astronomi
Ny Munkegade
Aarhus Universitet
DK-8000 Århus C

Giro: 5 84 31 46
E-mail: kvant@dfi.aau.dk

Udgives af

Dansk
Fysisk
Selskab



Selskabet for
Naturlærens
Udbredelse



Redaktion

Jørgen Friis Bak (ansv.)
Det naturvidenskabelige fakultet
Århus Universitet
Jørn Christiansen
Danmarks Lærerhøjskole
Torsten Freltoft (annoncer)
NKT
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut
Københavns Universitet
Finn Berg Rasmussen
Fysisk Laboratorium
Københavns Universitet
Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

KVANT udkommer 4 gange årligt og er
medlemsblad for de udgivende selskaber.
Abonnementspris: 135 kr/år (i Danmark).

Annoncepriser

1/1 side	3000 kr
1/2 side	1600 kr
1/4 side	1000 kr
Farvetillæg	1500 kr

Priserne er excl. moms og gælder for repro-
klart materiale. Henvendelser om annoncer til
Torsten Freltoft, NKT, telefon 43 43 20 10,
telefax 42 63 00 99.

Oplag: 1500
Tryk: AKA-print
ISSN 0905-8893

Indhold:

Meteren, lyset, og den forunderlige laser - om definition, realisering og sporbarhed.

Jes Henningsen 1
Den moderne normalmeter er en laser, der ikke engang er en meter lang... Artiklen fortæller historien om normalmeterens udvikling gennem tiden.

Korreleret tunnelering i nanostrukturer

J. Mygind 7
Kvantemekanisk set er det muligt for partikler at trænge igennem potentialbarrierer, som de ikke kan komme igennem ifølge den klassiske fysik. Denne tunnelering er nu ved at finde teknologiske anvendelser.

Meterstok i en nabogalakse

Finn Berg Rasmussen 12
En gassky udenom supernovaen SN 1987A har gjort det muligt at måle afstanden til denne med en nøjagtighed på 5 %.

Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab midtersiderne

Uddeling af H.C.Ørsted medaljen i sølv

Ove Nathan 17
Selskabet for Naturlærens Udbredelse tildelte i 1991 H.C.Ørsted medaljen i sølv. Rektor for Københavns Universitet uddelte medaljen.

Et liv som fysiker

N.O.Lassen 18
I forbindelse med modtagelsen af H.C.Ørstedmedaljen holdt N.O.Lassen en tale, hvor han blandt andet så tilbage på sit liv ved cyklotronen på Niels Bohr Institutet og med Fysisk Tidsskrift.

femto og atto

H.Højgård Jensen 21
I KVANT 1990 nr. 4 blev der berettet om præfikser foran enheder. Denne kommentar fortæller om oprindelsen til to af dem.

Superskaller i metalklynger

Klavns Hansen 22
Små antal atomer samler sig i klynger. Mange klynger indeholder 8, 20 eller 40 atomer. Denne stabilitet er analog til ædelgasserne i det periodiske system, der netop er karakteriseret ved at indeholde 8, 20 eller 40 elektroner.

Boganmeldelse 27

Niels Ove Roy-Poulsen 1926-1991 28

Forsiden:

Den danske normalmeter er ikke længere en stang med et par mærker i, men er defineret på grundlag af en laser. Grundlaget for denne meter beskrives i artiklen af Jes Henningsen.

Den danske primærnormal blev i 1990 sammenlignet med tilsvarende primærnormaler fra Sverige, Tyskland og fra BIPM. Alle lasere blev bragt til Borås i Sverige og deres indbyrdes frekvensforskelle blev målt i forskellige kombinationer. den danske primærnormal afveg fra BIPM med cirka 5 kHz, svarende til en relativ forskel på 10^{-11} .

Meteren, lyset, og den forunderlige laser

- om definition, realisering og sporbarhed

Jes Henningsen. Lektor, dr.scient. Dansk Institut for Fundamental Metrologi

Indledning

En af de få kendsgerninger, der er fælles for danskernes tekniske paratviden, er at meterdefinitionen er baseret på en platin-iridium stang, der under særdeles beskyttede omstændigheder opbevares i Paris. Forkert! Sådan var situationen ganske vist i en periode på godt 160 år, fra den første platinmeter blev fremstillet i 1799, men der er nu gået mere end 30 år siden platinmeteren i 1960 blev overhalet af den tekniske udvikling, og overgik til museumsstatus. Siden da er meterdefinitionen blevet ændret endnu en gang, og gennem sin ca 200 års levetid har den bevæget sig fra polarkvadranten, over platin-iridium normaler og kryptonlamper, til den i dag er baseret på lysets hastighed i det tomme rum. Parallelt hermed er reproducerbarheden blevet forbedret med fem størrelsesordener, således at en meter i dag kan realiseres med en relativ nøjagtighed på 10^{-10} .

Cubit og alen

Behovet for at have en enhed for længde er formentlig opstået på det tidspunkt hvor mennesker første gang er begyndt at handle med hinanden. Den tidligste vi kender er en cubit, der har været anvendt i Babylon, Egypten og Rom. Navnet kommer fra det latinske ord *cubitus*, der betyder albue, og ganske analogt kan vor egen alen spores tilbage til det tilsvarende græske ord $\omega\lambda\epsilon\nu\eta$. Dette illustrerer et generelt træk, nemlig at de tidligste enheder var afledt af dimensioner, der på en eller anden måde havde med det menneskelige legeme at gøre. Og deres livskraft afspejler sig i at man den dag i dag stadig klarer sig fint i en tømmerhandel når man specificerer bræddernes tykkelse i enheder af en tommelfingerbredde, og deres længde ved hjælp af fødderne.

For at komme ud over de individuelle variationer i den menneskelige anatomi, blev enheder som tomme, fod og alen tidligt defineret gennem det man kalder *materialiserede mål*, dvs målestokke af specifik længde, opbevaret på et passende sikkert sted. Frem til 1700 tallet havde hver by og hver region sine egne prototyper, men med et stadig mere udbygget handelssamkvem og med naturvidenskabens behov for kommunikation af præcise måleresultater på tværs af landegrænser, var der efterhånden opbygget et behov for et internationalt anerkendt enhedssystem. Og i 1790 fremlagde Talleyrand i den franske nationalforsamling det lovforslag, der 9 år senere førte til, at metersystemet blev indført i Frankrig.

Polarkvadranten

Etablering af enheden for en fysisk størrelse involverer tre essentielle trin

- 1) Enheden skal *defineres*
- 2) På basis af definitionen skal enheden *realiseres*
- 3) Den realiserede enhed skal *opbevares* på en sådan form, at den kan anvendes til kalibreringer.

Meteren blev *defineret* som en timilliontedel af polarkvadranten, dvs. afstanden mellem jordens nordpol og ækvator. Hermed var den fastlagt ud fra en geofysisk størrelse, der måtte formodes dels at holde sig konstant igennem tiden, dels at være hævet over eventuelle nationale fordomme. Det sidste punkt var dog kun delvis opfyldt, idet man præciserede at definitionen gjaldt for den meridian, der går gennem Paris. For at *realisere* definitionen, valgte man at udmåle et udsnit af denne meridian, og for dog at give realiseringen et vist internationalt element, lod man udsnittet krydse grænsen til Spanien, med endestationer i Dunkerque og Barcelona.

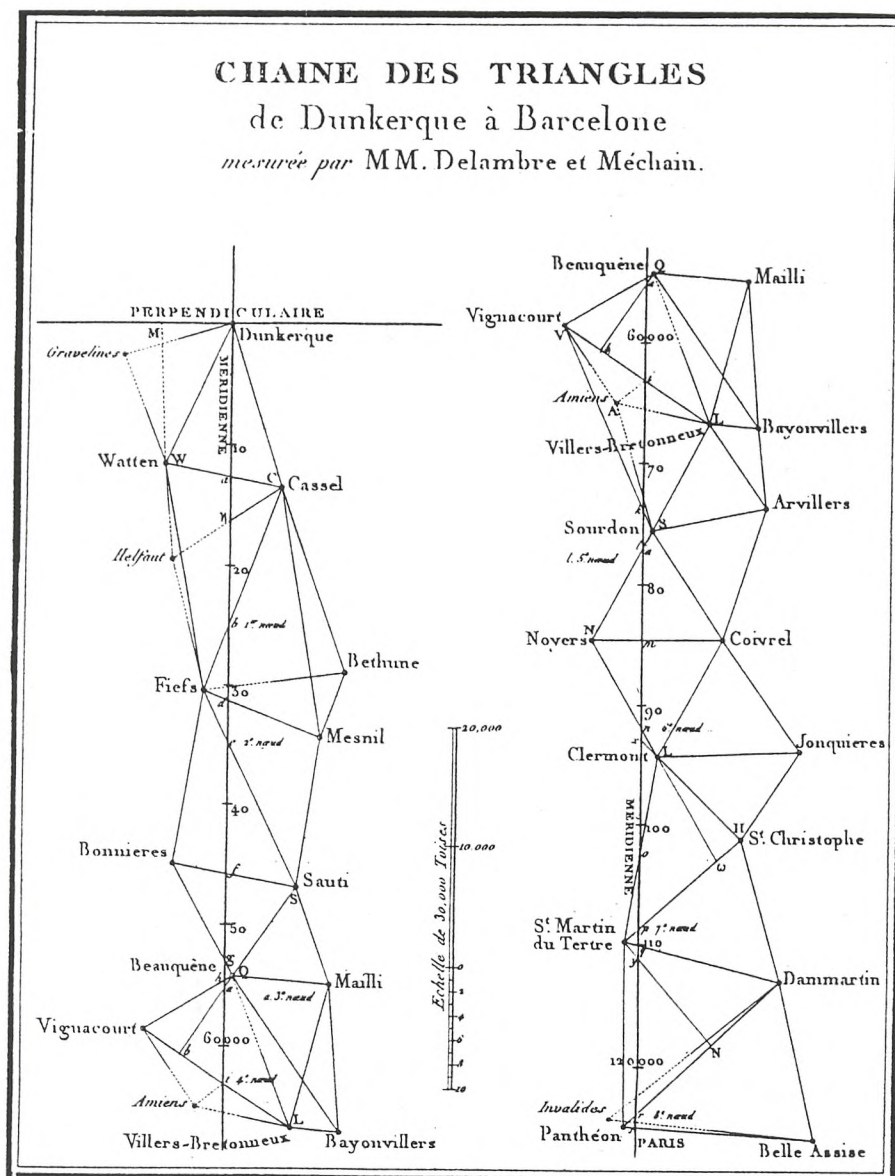
Medens Tuilleries blev stormet, og medens østrigske og preussiske tropper rykkede frem mod Paris, indledte M.M. Delambre og Méchain i 1792 det uhyre omfattende arbejde med at triangulere sig ned gennem Frankrig og udmåle vinkler og sider i trekanten på samme måde som landmålere har gjort helt op til vor tid. Da de i 1797 var færdige, kunne de, efter at have suppleret med nøjagtige målinger af breddegraderne for de to endepunkter, fremlægge resultatet for jordkvadranten, udtrykt i toise, den enhed man dengang anvendte. Ved at sætte dette lig 10.000.000 meter kunne man nu etablere omregningsfaktoren mellem toise og meter, og den således realiserede meter blev herefter *opbevaret* i form af meterstokke, fremstillet af platin, det mest bestandige materiale man kendte, og sikkert forvaret i det franske nationale arkiv.

Der skulle gå mange år før det internationale samfund var parat til at følge Frankrig, og først ved en diplomatisk konference i 1875 kunne 20 lande, heriblandt Danmark, undertegne meterkonventionen. Et institut - Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) - blev oprettet med det formål at forestå fremstilling af prototyper, og endelig i 1889, kunne den Første Internationale Konference for Mål og Vægt give meteren status som internationalt anerkendt længdeenhed.

Platinmeteren

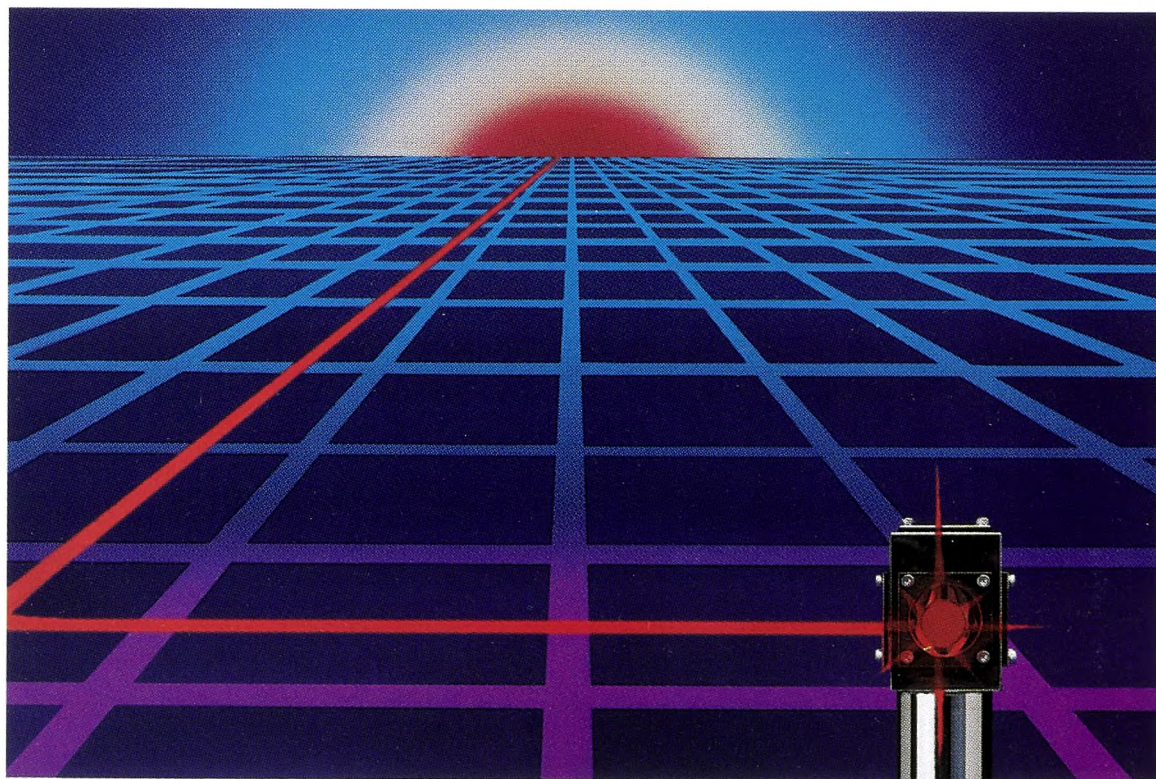
På det tidspunkt var det allerede muligt at foretage kalibreringer i forhold til platinmeteren med en nøjagtighed på omkring 0.2 μm . Hvis den samme relative nøjagtighed skulle opnås i udmålingen af jordkvadranten, så skulle usikkerheden på de ca 1100 km fra Dunkerque til Barcelona

Triangulering



I triangulering går man ud fra en basis, der udmåles så nøjagtigt som muligt. Fra dens to endepunkter måles sigtevinkelen til et tredje punkt, og afstanden til dette kan herefter beregnes. En af de fundne sider i trekanten kan nu benyttes som basis i en ny trekant. På figuren ses den nordligste del af Delambre og Méchains trianguleringer, dækkende strækningen Dunkerque-Paris. Usikkerheden på længden af hele strækningen til *Barcelona*, der bl.a. forløber hen over Pyrenæerne, var blot ca 13 meter.

En fabrikant af kryogenudstyr, der holder konkurrenterne ude i kulden



Kun APD tilbyder denne komplette pakke:

- Komplet program af kryogenudstyr i topkvalitet til spektroskopi, forskning i superledere og til karakterisering af materialer,

Displex®.....lukket cyklus.....10K til 450K

Heliplex®....lukket cyklus....3,6K til 300K

Heli-Tran®.....åben cyklus..... 2K til 300K

- komplet egen fabrikation samt et verdensomspændende servicenet,
- teknisk assistance fra erfarne ingeniører, som kan hjælpe med det rette produkt til netop Deres behov,
- og en 3-års garanti, den længste i branchen.

Førende inden for kryogentechnologien.



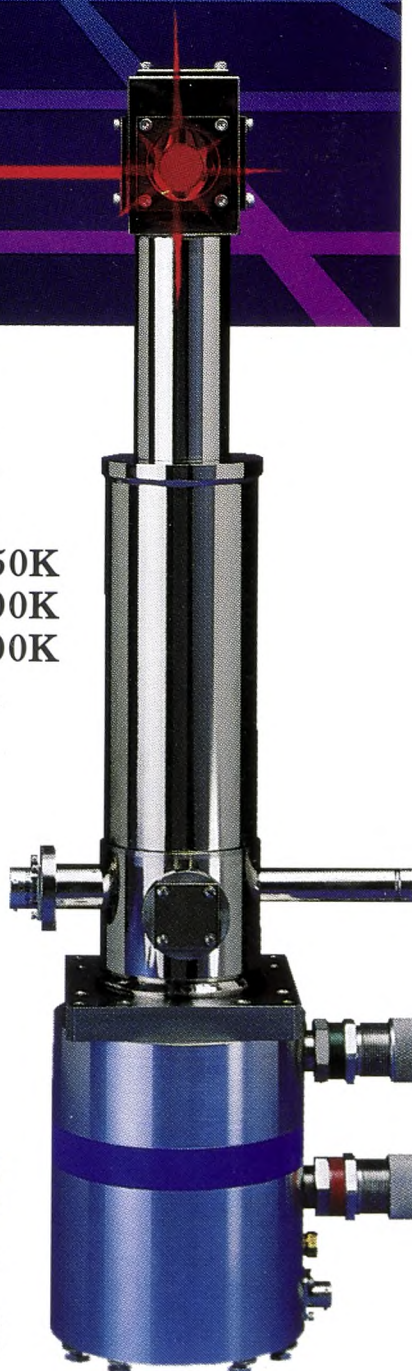
CRYOGENICS INC



AAGE CHRISTENSEN A/S
INGENIØR- OG HANDELSVIRKSOMHED

SKELMOSEVEJ 10
DK-2500 VALBY

TELEFON 45 36 44 24 44
TELEFAX 45 36 44 20 24



ned på 20 cm, og at nå en sådan nøjagtighed ved triangulering var naturligvis helt urealistisk. I konsekvens heraf blev platinmeteren anvendt ikke blot som *opbevaring*, men også som *definition* af meteren. Skønt dette valg repræsenterede det optimale i henseende til nøjagtighed, så var det i en anden forstand et tilbageskridt. For hvor jordkvadranten er fælleseje, så indtog Frankrig nu en særstilling i forhold til andre nationer. Kalibreringer af de nationale prototyper var betinget af adgang til Frankrig, og helt bortset fra hvad politiske forhold, verdenskrige og lignede måtte indebære, så ville der altid være en potentiel risiko for at meteren simpelthen gik tabt.

Kryptonmeteren

Muligheden for at vende tilbage til en mere almen definition viste sig indenfor atomfysikken. Allerede tidligt i 1800-tallet vidste man at atomer udsender lys i *form* af spektrallinier, og i 1865 havde Maxwell opstillet de ligninger, der viser at lys er elektromagnetisk stråling, hvor produktet af frekvens og bølgelængde er lig lysets hastighed. En række eksperimenter førte gradvist til den erkendelse at lysets hastighed i det tomme rum er en naturkonstant, der er uafhængig af såvel lysgiverens som iagttagerens hastighed. Det var en erkendelse der på radikal måde stred mod intuitionen, og den var en del af grundlaget for den specielle relativitetsteori, som Einstein formulerede i 1905. Den dybere forståelse af mekanismen bag atomers lysudsendelse kom kort tid efter med Bohrs atommodel, der sammenknytter frekvensen af det udsendte lys med energiforskelle mellem atomernes stationære tilstande. Og pointen er nu at et atom er et bemærkelsesværdigt uforanderligt objekt, og i den henseende langt overgår jorden. For hvor jordens omkreds kan ændre sig på grund af erosion, meteornedslag, og

lignende, og hvor afstanden mellem to punkter på jorden kan ændre sig på grund af jordskælv eller kontinentaldrift, så er vi ret sikre på at de stationære tilstande for et isoleret atom er evigt uforanderlige.

I 1960 var man nået så langt i henseende til udmåling og sammenligning af lysbølgelængder at tiden var moden for den tredje meterdefinition, og meteren blev nu fastlagt som 1.650.763,73 gange bølgelængden af det orange lys, der udsendes fra krypton isotopen med massetal 86, når den anvendes i en spektrallampe under nærmere specificerede driftsbetingelser. Hermed havde man opnået to væsentlige forbedringer. For det første indebar den nye definition en forbedring i reproducerbarhed på 50 gange, men med dette tekniske fremskridt fulgte også den mere principielle fordel at meteren nu kunne realiseres i et hvilket som helst laboratorium verden over ved at følge nogle præcise forskrifter. Alle krypton-86 atomer er lige gode, og definitionen beror ikke længere på et specifikt objekt, der opbevares et bestemt sted. Meterdefinitionen var blevet decentraliseret.

Laseren

Netop det år hvor krypton definitionen blev indført, blev laseren opfundet, og hermed var der sat en udvikling i gang, der 23 år senere skulle give krypton-lampen plads på museumshylden ved siden af platin-iridium meteren.

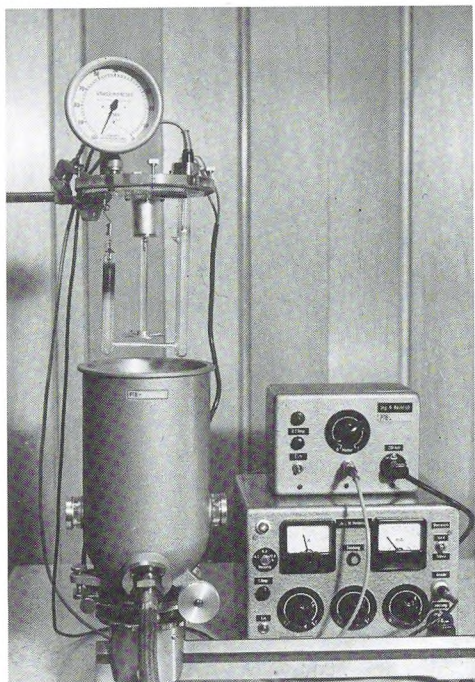
Lys i daglig forstand indeholder altid et spektrum af bølgelængder, og det samme gælder for det lys, der udsendes fra krypton-lampen. Selv om dens orange lys stammer fra en enkelt spektrallinie, vil atomernes tilfældige termiske bevægelser via Doppler effekten gøre bølgelængden en anelse ubestemt, og det er denne ubestemthed, der i sidste instans begrænser den relative nøjagtighed af krypton definitionen til $4 \cdot 10^{-9}$.

Men lys er elektromagnetiske bølger, og de kendes i en anden manifestation som radiobølger, karakteriseret ved en enkelt bølgelængde, hvor ubestemtheden i princippet kan gøres vilkårligt lille. Under den anden verdenskrig havde behovet for radar betydet at grænserne for radioteknikken var skubbet op i mikrobølgeområdet, og det førte op igennem 1950-erne til teoretiske overvejelser over om man også i det synlige område kunne fremstille en lyskilde, der havde radiobølgens kvaliteter. Det var netop hvad der skete i 1960.

Lasere findes i dag i et utal af varianter, og den der er aktuel i forbindelse med meterdefinitionen er en gaslaser, helium-neon laseren. Ganske som spektrallampen, er gaslaseren baseret på en enkelt spektrallinie, i dette tilfælde fra neon atomet. Men hvor de forskellige atomer i spektrallampen udsender deres lys uafhængigt af hinanden, og med en spredning i bølgelængder, der afspejler deres forskellige hastigheder, så vil de i laseren arbejde sammen, og udsende lys med en bølgelængde, der er ekstremt veldefineret.

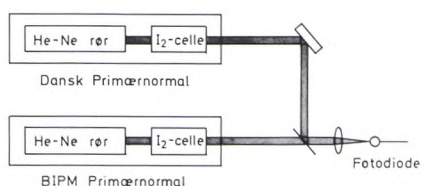
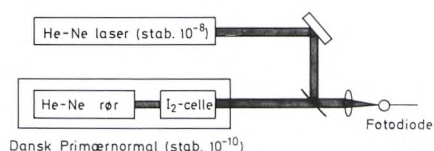
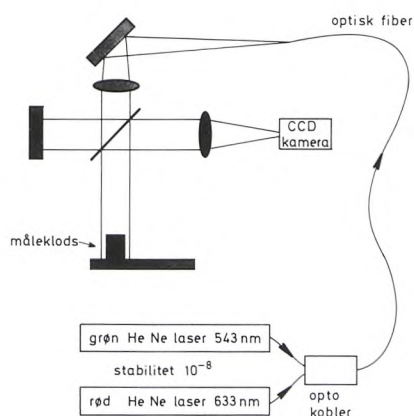
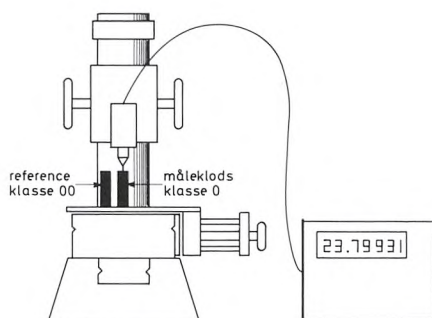
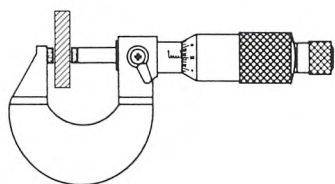
Lysets hastighed

I begyndelsen var der ikke nogen der tænkte på at sætte laseren i forbindelse med meterdefinitionen. Derimod stod det hurtigt klart at hvis man kunne stabilisere *dens* frekvens,



Figur 1. Kryptonlampe, der definerede meteren i perioden 1960 til 1983. For at reducere den ubestemthed, der stammer fra kryptonatomernes termiske bevægelse, er lampen kølet med flydende kvælstof til -196°C . Billedet er udlånt fra PTB, Braunschweig.

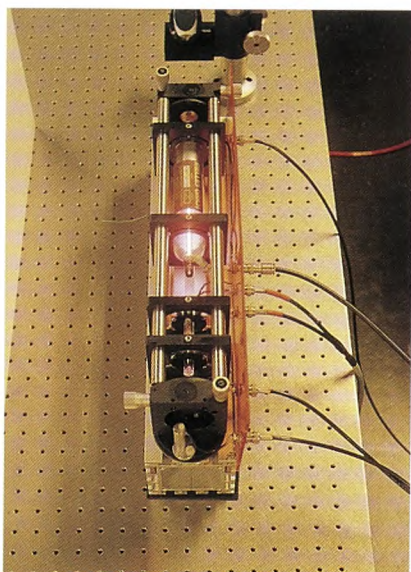
Sporbarhedskæden



- En længdemåling på et vilkårligt nøjagtighedsniveau kan gennem en kæde af kalibreringer relateres til meterdefinitionen. På værkstedet kontrolleres det mekaniske emne med en mikrometerskrue.
- Mikrometerskruen kalibreres ved hjælp af en måleklods af nøjagtighedsklasse "0". Måleklodser er fremstillet af rustfrit stål, wolfram-carbid, eller keramik, og har plane, højglanspolerede endeflader. Ved kombination af klodser, der heftes sammen ved optisk kontakt, kan man realisere længder mellem 1 og 100 mm i spring på 0.1 mm.
- På et kalibreringslaboratorium sammenlignes måleklodsen ved en mekanisk aftastning med en tilsvarende måleklods af den højere nøjagtighedsklasse "00".
- På Dansk Institut for Fundamental Metrologi (DFM) udmåles klasse "00" måleklodsen interferometrisk i forhold til bølglængden af en Zeeman stabiliseret helium-neon laser, der er stabil indenfor $\pm 2 \cdot 10^{-9}$. Dette skal gøres med intervaller på et til to år, idet faseomdannelser i materialet får måleklodserne til at "vokse".
- Frekvensen af den Zeeman-stabiliserede helium-neon laser bliver, ligeledes ved DFM, sammenlignet med frekvensen af den danske primærnormal, en jod-stabiliseret helium-neon laser, der er stabil indenfor $\pm 10^{-10}$. Signalet fra de to lasere sendes ind mod en fotodiode, og differensfrekvensen måles.
- Frekvensen af den danske primærnormal sammenlignes med frekvensen af tilsvarende primærnormaler fra andre lande, og fra BIPM, og der etableres en international konsensus.

og måle den med stor nøjagtighed, så var der via produktet af frekvens og bølgelængde mulighed for at bestemme lyshastigheden med mindre usikkerhed end tidligere.

Princippet i at måle en høj frekvens er at tage udgangspunkt i et signal hvis frekvens er så lav at den kan måles med en elektronisk tæller. Når dette signal sendes ind mod et ulineært element, som f.eks. en diode, dannes der højere harmoniske, hvis frekvenser er eksakte multipla af grundtonen, og disse sammenlignes i den samme diode med den ukendte frekvens. Denne kan nu benyttes til en ny måling af en endnu højere frekvens, og således kan man ved en kæde af sammenligninger arbejde sig fra mikrobølgeområdet, hvor man via cæsiumuret er i kontakt med sekunddefinitionen, op til det optiske område. Antallet af nødvendige led i kæden gjorde målingerne til en sand eksperimentel tour de force, og den kulminerede i 1972, da en gruppe ved det amerikanske National Bureau of Standards målte frekvensen af den røde helium-neon laser, låst til en absorptionslinie i jod-molekylet. Bølgelængden for den samme laser blev udmålt ved direkte sammenligning med krypton normalen, og hermed kunne lyshastigheden bestemmes som $299.792.458 \pm 1.2$ m/sek.



Figur 2. Den danske primærnormal for længde er en jod-stabiliseret helium-neon laser, der befinder sig på Dansk Institut for Fundamental Metrologi i Lyngby.

Der var egentlig ikke tale om nogen særlig stor forbedring af nøjagtigheden i forhold til tidligere, men det interessante var at man nu var stødt ind i en principiel barriere, idet den relative usikkerhed på $4 \cdot 10^{-9}$ udelukkende var bestemt af usikkerheden på kryptonmeteren. Stabiliteten og reproducerbarheden af laseren i sig selv var omkring 10^{-10} , dvs 40 gange bedre, men ingen nok så genial forbedring af eksperimentet ville kunne føre til en større nøjagtighed for lyshastigheden, så længe den skulle udtrykkes ved den til rådighed værende meter. Hermed var kryptonmeterens utilstrækkelighed klart demonstreret, og i 1983 var man klar til at tage konsekvensen.

Den nye meterdefinition

Hvis man havde valgt at gøre i 1983 som man gjorde i 1960, ville man have defineret meteren som et bestemt antal bølgelængder af en jod-stabiliseret helium-neon laser. Man ville så igen have haft en definition som repræsenterede den aktuelle tekniske formåen, men den ville være forældet i samme øjeblik der var udviklet en laser med endnu bedre stabilitet. For at undgå dette tilbagevendende problem valgte man en mere elegant løsning. Man vendte problemstillingen på hovedet, fastsatte definitions-mæssigt lyshastigheden i det tomme rum til 299.792.458 m/sek, og definerede meteren som *den strækning lyset bevæger sig i det tomme rum i $1/299.792.458$ sek.* Realiseringen valgte man at basere på den allerede gennemførte direkte udmåling af frekvensen for den jod-stabiliserede helium-neon laser, og opbevaringen af meteren sker herefter i form af sådanne lasere, fremstillet efter nøje fastlagte specifikationer.

Fordelen ved denne strategi er, at når man i fremtiden konstruerer lasere med forbedret stabilitet og reproducerbarhed vil det ikke føre til et behov for at ændre *definitionen* af meteren, idet lyshastigheden i vacuum jo forbliver uforandret. Men den forbedrede stabilitet vil umiddelbart føre til en mere nøjagtig *opbevaring*, og hvis der gennemføres direkte frekvensmålinger, der lever op til disse laseres forbedrede egenskaber, også til en mere nøjagtig *realisering* af meteren. Først når meterdefinitionen begynder at kunne konkurrere med sekunddefinitionen, der for øjeblikket har en relativ ubestemthed på mindre end 10^{-13} , bliver der igen behov for at tage definitionen op til overvejelse.

Næste generation

Med en aldrig svigtende trang til at skubbe grænserne for det mulige endnu længere frem, arbejdes der nu på at eliminere de problemer, der i dag begrænser nøjagtigheden til 10^{-10} . Analyserer man eksperimenterne, bliver det klart at skurken i stykket er hastigheden af de jod-molekyler, der benyttes til at stabilisere laseren. Ifølge relativitetsteorien giver den anledning til en uundgåelig Doppler forskydning, og derfor koncentrerer anstrengelserne sig nu om at udvikle teknikker til, gennem absorption og reemission af lys, at reducere molekylernes hastighed. Målet - at låse laseren via en meget svag kobling til et isoleret molekyle i hvile - ligger ude i fremtiden. Men for hvert lille skridt der tages i den retning vil det blive muligt at måle med højere præcision, og dermed at åbne for ny grundvidenskabelig indsigt.



Jes Henningsen. Lektor, dr.scient. Dansk Institut for Fundamental Metrologi.

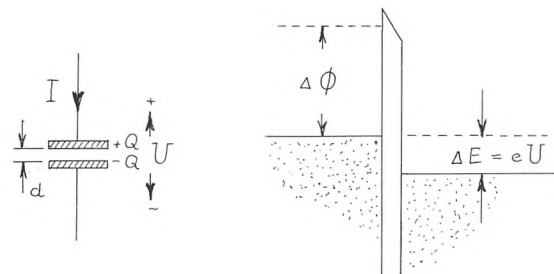
Korreleret tunnelling i nanostrukturer

J. Mygind, Danmarks Tekniske Højskole

Tunnelling i en makroskopisk kondensator

I en kondensator, bestående af to metalplader adskilt af et isolatorlag, sker der ingen direkte overførsel af ladning mellem elektroderne. Påtrykkes kondensatoren en spænding, U , ændres overfladeladningen på pladerne ved, at der transporteres (lige mange!) elektroner til og fra systemet gennem tilledningerne. Når vi taler om ladningen, Q , på en kondensator, mener vi ladningen på den ene plade og underforstår, at systemet er ladningsneutralt. I vor (Maxwells) elektrodynamiske teori kaldes strømmen i tilledningerne for forskydningsstrømmen $I_D = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dU}{dt}$. C er kapacitansen.

Strukturen kaldes en *tunneldiode*, når isolatorlaget gøres så tyndt, at det er af samme størrelse, som den rumlige udstrækning af bølgefunktionen for ledningselektronerne i pladerne. En given ledningselektron har da en endelig sandsynlighed for kvantemekanisk at tunnellere gennem isolatorbarrieren, og *der går en reel ladningsstrøm gennem dioden* - også når der påtrykkes en jævnspænding. Systemet er naturligvis fortsat ladningsneutralt. Billedligt afprøver en given elektron tilstandene i den modstående elektrode og "bestemmer sig for om den vil tunnellere".



Figur 1. Kvantemekanisk tunnelling i makroskopisk kondensator, hvor tykkelsen af isolatorlaget er af samme størrelse som den rumlige udstrækning af ledningselektronerne i de to metal elektroder.

Figur 1 viser en idealiseret situation. Hvor lang tid er elektronen om at tunnellere? Umiddelbart kan følgende tunnellingstider bringes i forslag: $\tau_{\text{probing}} = h/\Delta E$ (en relativt lang tid, $\approx 10^{-13}$ s), $\tau_{\text{direct}} = h/\Delta\Phi$, eller $\tau_{\text{flyve}} = d/v_F$, hvor $\Delta E = eU$ er forskellen i det kemiske potential, $\Delta\Phi$ er barrierehøjden, d er barrieretykkelsen, v_F er Fermi-hastigheden, e er elementarladningen og h er Planck's

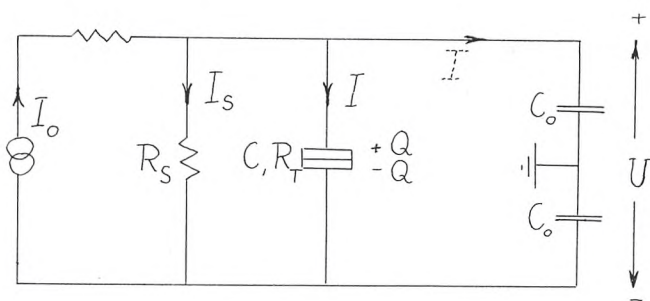


Scanning Elektron Mikroskop (SEM) billede af logo for Chalmers Tekniske Högskola, Göteborg lavet med submicron fabrikationsteknik (Electron Beam Lithography, AuPd tyndfilm, efter lift-off). De største bogstaver er ca. $1 \mu\text{m}$ ($1 \cdot 10^{-6}$ m) høje. Mindste liniebredde er 20 nm ($20 \cdot 10^{-9}$ m) med et effektivt skriveareal på $12,5 \text{ cm} \times 12,5 \text{ cm}$.

konstant. Sidstnævnte tunnelleringsstider er meget korte $\approx 10^{-16}$ s. Som beskrevet senere synes der at være en afhængighed af omgivelserne i umiddelbar nærhed af det sted, hvor tunnelleringen foregår. Denne information om det mikroskopiske er af stor fysisk interesse.

Det afgørende er, at *tunnelleringsprocessen er diskret*. Netop en hel elektron (for superledere: et elektron-par, Cooper-par) d.v.s. et *helt* antal elementarladninger overføres i hver proces. Det kræver et øjebliks overvejelse at overtage sig om, at man derimod i de metalliske tilledninger har en *kontinuerlig* strøm af ladning. En ledningselektron i et metal beskrives kvantemekanisk som plane bølger, der er overalt i lederen i.e. en vilkårlig lille brøkdel af elementarladningen kan leveres af omgivelserne gennem tilledningerne. Overfladeladningen $Q = U \cdot C$ på kondensatorpladerne og det elektriske felt herimellem er derfor kontinuerlige variable. Kun ændringer i ladningen forårsaget af tunnelling af en enkelt elektron (Cooper-par) er en diskret begivenhed. På engelsk bruges forkortelserne SET (Single Electron Tunneling) og CPT (Cooper Pair Tunneling).

Tunnelstrømmen, I_T , er proportional med det effektive areal og udviser en eksponentiel afhængighed af tykkelsen af isolatorlaget. Desuden er tilstandstætheden for elektronerne i de to elektroder samt størrelsen af den påtrykte spænding af betydning. At SET og CPT er en stokastisk proces viser sig for $U > kT/e$ som "hagl-støj" (engelsk: shot noise) i tunnelstrømmen med en spektralfordeling givet ved Schottky's formel, $S(\omega) = \frac{1}{2\pi} e I_T$. $S(\omega)$, der som forventet er proportional med e , ladningen overført i en enkelt tunnelleringsproces, er velkendt i fotodektorer, halvlederelementer, m.m. I sædvanlige tunneldioder, hvor antallet af tunnelprocesser er meget stort, er dette nok den eneste målelige virkning af den diskrete ladningsoverførsel. Den kvantemekaniske beskrivelse er ivojvrigt relativt enkel og indgår i pensum på de højere læreanstalter.

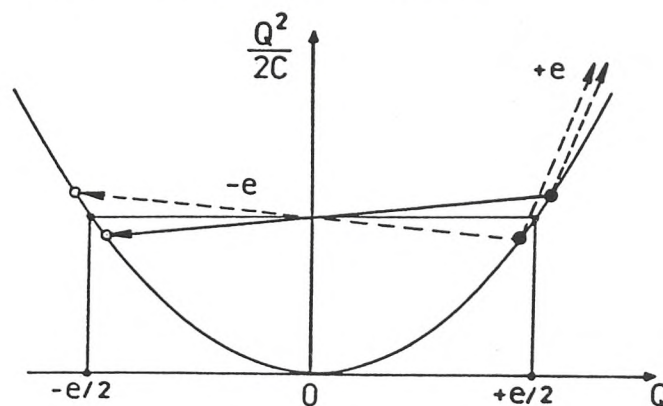


Figur 2. En tunneldiode med ekstremt lille areal er nødvendig for at vise SET/CPT-effekt. Bemærk nomenklaturen. Diagrammet viser en strømstyret diode med parasitisk shuntresistans og spredningskapacitans.

Tunneldioder med ekstremt lille areal

For at få en passende tunneleringssandsynlighed skal isolatorlaget være nogle få atomlag tykt. Det nemmeste er at anvende et 1-2 nm tykt naturligt oxydlag. Elektroderne er

tynde metalfilm. Med moderne mikro-elektroniske fremstillingsmetoder (beskrevet nedenfor) kan det effektive diodeareal og dermed kapacitansen C gøres meget lille. Dette medfører, at spændingsændringen $\Delta U = e/C$ ved en SET proces kan blive stor. For en $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ diode er det ca. $0.1 \mu\text{V}$. Selv ved meget lave temperaturer (1 K svarer til en spændingsfluktuation på $kT/e = 86 \mu\text{V}$) drukner det i de termiske fluktuationer. Man skal bruge væsentligt mindre dioder eller alternativt måle ved milliKelvin temperaturer for klart at se SET og CPT. Med "state-of-the-art" dioder¹ ($30 \text{ nm} \times 30 \text{ nm}$, $C = 30 \text{ aF}$) er grænsetemperaturen $T_0 = \frac{e^2}{k^2 C} = 30 \text{ K}$. Figur 2 viser nomenklatur og ækvivalentdiagram for en strømstyret SET/CPT diode med en shuntresistans, R_S , og spredningskapacitanser, C_0 , til stel. R_T symboliserer diodens egen lækresistans.



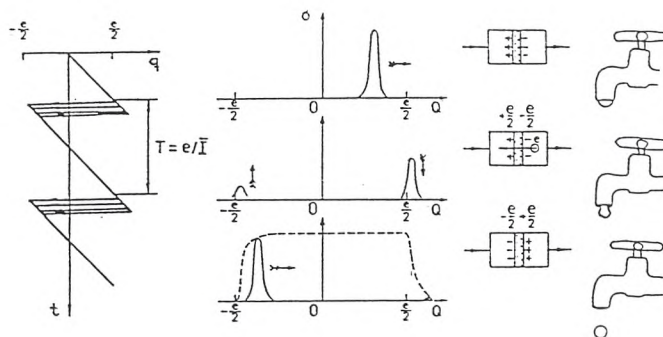
Figur 3. Ændring af ladningsenergien $\frac{1}{2}Q^2/C$ ved tunnelling af en enkelt elektron i en mesoskopisk diode. En energetisk favorabel proces er vist med pilen for $Q > \frac{1}{2}e$. $\Delta Q = -e$.

I ekstremt små dioder kan ladningsenergien $\frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}Q^2/C$ blive dominerende. Figur 3 viser, at det er favorabelt for en elektron at tunnellere, når $Q > \frac{1}{2}e$. $\Delta Q = \pm e$ ved processen. Til gengæld vil der ikke ske tunnelling for $|Q| < \frac{1}{2}e$, hvilket vil sige, at der går ikke jævnstrøm for bias spændinger $|U| < U_{\text{threshold}} = \frac{e}{2C}$. Dette kaldes *Coulomb blokade*.

Påtrykker vi en lille strøm, vil ladningen kontinuert bygges op til $\frac{1}{2}e$, hvorpå en elektron tunnellerer. Herved ændres diodens ladning til $-\frac{1}{2}e$ (indenfor tunneleringsstiden), opladningen fortsætter, o.s.v. Dette leder til *relaxations-oscillationer* i Q og U med frekvensen f , bestemt af at middelværdien af strømmen $\langle I_T \rangle = n e f$. Som vist i figur 4 er situationen analog med en dryppende vandhane. Måler vi sammenhørende værdier for $\langle I \rangle$ og $\langle U \rangle$ fås diodens IU -karakteristik som angivet i figur 5.

Coulomb-blokaden medfører, at IU -karakteristikken for store negative og positive spændinger er parallelforskydet ned spændingen $U_{\text{offset}} = e/C$. Heraf kan C bestemmes. Hældningen er givet ved tunnelkonduktansen $G_T = I/R_T$.

I det tidlige forløb vist på figur 4 er det antydnet, at den tidlige korrelation af tunnelleringen f. eks. på grund af termiske fluktuationer ikke er perfekt. Hvis man kunne observere oscillationerne direkte (dette er endnu ikke gjort!) vil man se en spektralline omkring f med en endelig



Figur 4. Relaxationsoscillationer i ladningsopbygning og spænding. Bemærk analogien med en dryppende vandhane.

frekvensbredde. For at kunne observere Coulomb-blokade og dermed indirekte den tidlige korrelation skal følgende være opfyldt:

- 1) Ladningsenergien skal, som nævnt, overstige de

termiske fluktuationer; $T < T_0 = \frac{e^2}{k 2C}$.

- 2) Ladningsenergien skal være større end kvantefluktuationerne i dioden tilsluttet omgivelserne (se figur 2;

$\frac{e^2}{2C} \gg \frac{h}{\tau_{RC}}$, hvor $\tau_{RC} = R_T C$ eller $\tau_{RC} = R_S C$ afhængigt af hvilken af de to resistanser, der er mindst. Dette svarer til

$$R_T, R_S \gg R_Q = \frac{h}{4e^2} = 6,5 k\Omega.$$

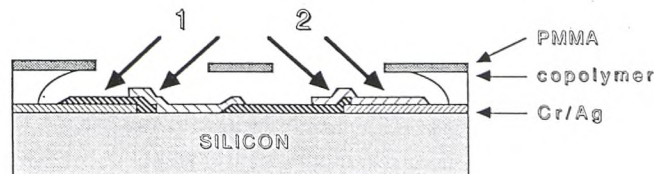
Kvanteresistansen R_Q er en fjerdedel af von Klitzing-konstanten $R_K = h/e^2$ omtalt i forbindelse med kvantiseret Hall-effekt i det første nummer af KVANT (p. 14).

- 3) Spredningskapacitanterne C_0 fra tilledninger m. v. (se figur 2) må ikke dominere diodekapacitansen C . Er C_0 stor belastes dioden med en lav impedans, det vil sige at den bliver spændingsdrevet ved høje frekvenser. Problemet kan løses ved, at indskyde store serieresistanser mellem dioden og C_0 . Et

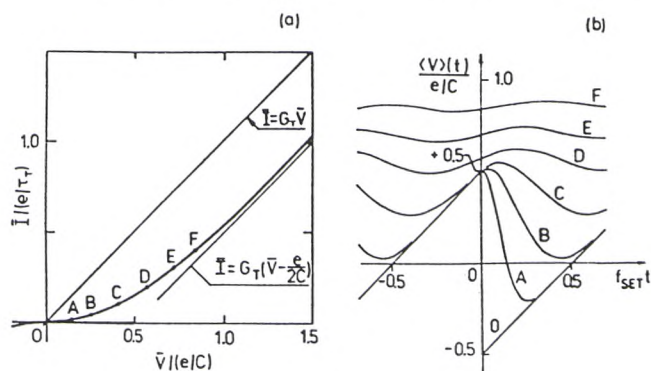
alternativ er at lade dioden indgå i en serieforbindelse af mange høj-ohmske tunneldioder, som hver for sig har ringe kapacitet til stel, tilledninger, m.v.

Fremstilling af nanostrukturer

Med moderne datamatstyret elektronstrålelithografi kan man fremstille mønstre med en opløsning på 20 nm. Den SET-transistor, som er afbildet på næste side, er lavet på Chalmers Tekniske Højskole, Göteborg. Bemærk 100 nm målestokken.

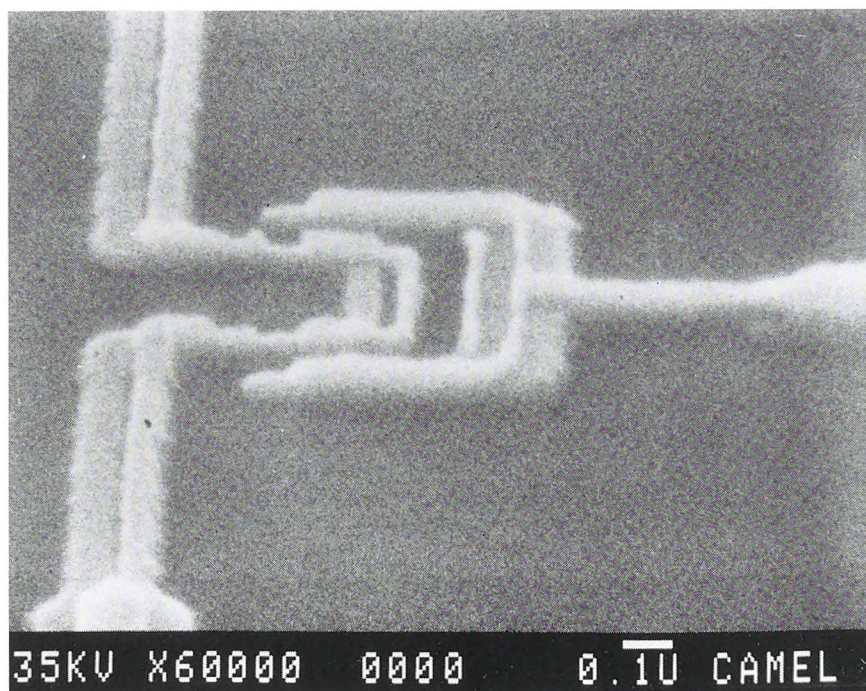


Figur 6. Fremstilling af Al/Al₂O₃/Al nano-tunneldiode på silicium substrat. Et ekstremt lille overlap opnås ved at en frithængende bro af fotore-sist fungerer som maske ved pådampning af to aluminium tyndfilm (top og bund) fra forskellige vinkler. Vinkler og afstande er stærkt fortegnede.



Figur 5. SET-effekt i en ubelastet ($R_S = 0$) tunneldiode med ikke-superledende elektroder. Højre del viser det tidlige forløb af relaxationsoscillationerne i de forskellige biaspunkter.

Aluminiumoxyd (Carborundum) er et af de hårdeste og mest stabile materialer, og hovedparten af de til dato fremstillede mesoskopiske tunneldioder består af en Al/Al₂O₃/Al sandwich. Se figur 6. For at opnå så små overlap fremstilles først en lille frithængende bro af fotore-sist (PMMA). Broen understøttes af et underliggende lag af en anden type resist (Copolymer), der er relativt let at fjerne og lader sig underætse. Tricket er at vippe chip'en nogle grader omkring en akse parallel med broen mellem to pådampninger. Den første aluminiumfilm oxyderes før den næste pådampes. På SEM-billedet (Scanning Electron Microscope) øverst på næste side er både de to bøjede strukturer, som med de to små overlap (bullen på det tyndeste sted) definerer de to tunneldioder, og den gaffelformede "gate" i SET-transistoren nemme at se. Den viste struktur er et udsnit af en array, som ved 35 mK har vist



Figur 7. En "SET-transistor" bestående af to tunneldioder og en "gate". Bemærk 100 nm målestokken.

overbevisende SET-effekt og tidlig korrelation ved mikrobølge excitation². Herom senere.

Tunneldioder kan laves ned til $50 \text{ nm} \times 50 \text{ nm}$ med en kapacitans på 10^{-16} F . Spredningskapacitansen er ti gange mindre. Tunnelresistansen kan varieres i et stort område fra $30 - 1000 \text{ k}\Omega$. Med den viste metode bliver mønstrene automatisk placeret indbyrdes korrekt. Dette muliggør fremstilling af udstrakte både en- og todimensionale arrays.

Omgivelsernes betydning, tunnelleringsiden

Den frekvensafhængige impedans, $Z(\omega)$, af omgivelserne har vist sig at have stor indflydelse på dc egenskaberne for ultra-små tunneldioder. Vi har allerede (figur 2) nævnt spredningskapacitanser C_0 og shuntresistanser R_S .

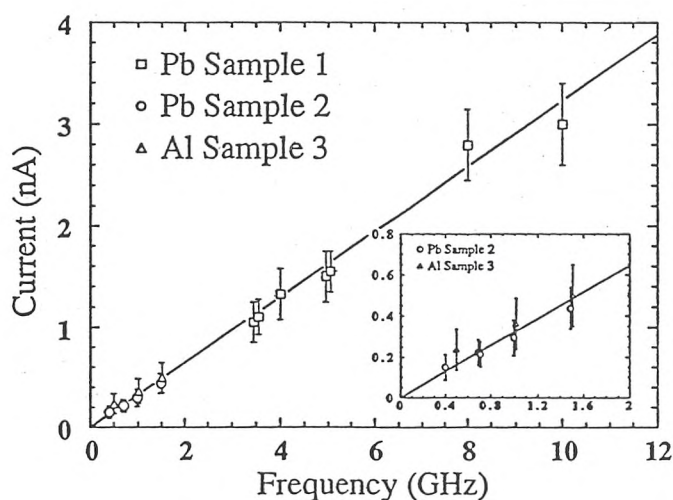
Betrager vi en enkelt punkt-diode, kunne man fristes til at tro, at man kun skulle medtage spredningskapacitansen af det lille område, som elektronen "føler" mens den tunnellerer. Området, hvor der skal ske en omfordeling af ladningen, vil være af størrelsesordenen $\tau \times c$, hvor τ er tunnelleringsiden og c er lyshastigheden. Et overslag giver meget korte tunnelleringsider svarende til de nævnte τ_{direct} og τ_{flyve} .

Der har været udført en del eksperimenter, hvor ens dioder har været anbragt i forskellige "omgivelser". Resultaterne stemmer nogenlunde med teoretiske beregninger med realistiske værdier for $Z(\omega)$. Typisk er det impedansen ved relaxationsfrekvensen (givet ved bias-punktet), som har størst indflydelse. Problemet er endnu uafklaret, og den mest rimelige tunnelleringsid er τ_{probe} (Heisenbergs ubestemt-hedsrelation). Denne passer typisk bedre til τ_{RC} d. v. s. den tid, der medgår til op-/afladning af diodekapacitansen. Tiden, dioden bruger til at afprøve omgivelserne (friheds-

graderne for tunnelleringen justeres), er meget længere end den direkte tunnelleringsid. Sidstnævnte dominerer muligvis ved store bias-spændinger.

Synkronisering og rumlig korrelation

Påtrykkes et eksternt rf- eller mikrobølgesignal er det muligt at synkronisere tunnelleringen af både enkelt-elektroner og Cooper-par. I vandhanemodellen svarer det til, at dråberne rystes af i takt med en periodisk op-/nedadgående bevægelse af hanen. I dc I - U -karakteristikken for en SET-diode obser-



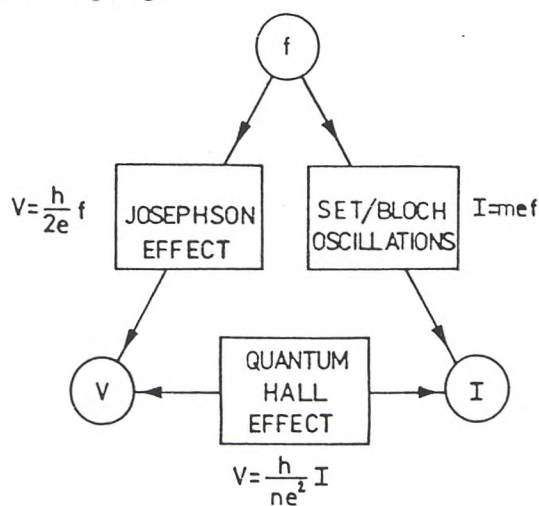
Figur 8. Tidlig korrelation. Strømplateauer plottet versus påtrykt frekvens for mesoskopisk tunneldiode med superledende elektroder. Linien angiver den teoretiske forudsigtelse $I = 2e f_{\text{ext}}$ for tunnellerende Cooper-par.

veres der strømplateauer med en afstand på $\Delta I = e f_{\text{ext}}$, hvor f_{ext} er den påtrykte frekvens. Dette kan danne grundlaget for en fremtidig *kvante-strømnormal*, og en række kredsløb med flere SET-dioder har indenfor de sidste par år bragt den relative usikkerhed ned³ på $1 \cdot 10^{-5}$.

SET-effekten er dual til *Josephson-effekten*, der kendes fra store tunneldioder med superledende elektroder. Den nationale Josephson-spændingsnormal, som forfatteren installerede ved Dansk Institut for Fundamental Metrologi (DFM) i 1986, er baseret på de konstant-spændingstrin, der fremkommer i dc *IU*-karakteristikken med en spændings-differens på $\Delta V = \frac{1}{2} h/e f_{\text{ext}}$. Her er usikkerheden i øjeblikket titusinde gange mindre.

Tidslig korrelation og synkronisering ved CPT er netop blevet observeret⁴ i tunneldioder med superledende elektroder. Da det er Cooper-par, der tunnellerer, er afstanden mellem successive konstant-strømplateauer $\Delta V = \frac{h}{2e} f_{\text{ext}}$, som vist på figur 8. CPT-effekten (også benævnt Bloch-oscillationer) kan ligesom SET-effekten bruges som kvante-strømnormal.

Inddrager vi den tredje kvante-normal, *kvante-Hall-effekten* er der nu et metrologisk bånd mellem de atomare konstanter: e , $\frac{h}{2e}$ og $\frac{h}{e^2}$ i den såkaldte *Kvante-metrologi trekant* vist på figur 9.



Figur 9. Den kvante-metrologiske trekant. De tre relationer overbestemmer enhederne i det nuværende SI-system. Kun SET-normalen har stadig en relativt stor usikkerhed.

Som afslutning vil vi diskutere *rumlig korrelation* i en een-dimensional SET-diode array, hvor hver diode har den samme egenkapacitans og spredningskapacitans til omgivelserne. En elektron, som befinder sig på det lille stykke metalfilm mellem den i 'te og $(i+1)$ 'te diode, vil oplade dette, og på grund af spredningskapacitanserne opbygge et rumligt elektrisk potential, der strækker sig til begge sider langs array'en. Beslutter elektronen sig for at tunnellere følger potentialt med. Ladning skal bevares, elektronerne blokerer for hinanden og potentialt giver en langtrækkende gensidig vekselvirkning. Resultatet er en rumlig korrelation.

Bortset fra, at tunnelleringsprocessen er stokastisk er situationen analog til de *solitære bølger*, man ser i ulineære systemer. Systemet kan udvides til to dimensioner, og det åbner mange muligheder for at studere nanostrukturers dynamiske egenskaber.

SET- og CPT-effekten har en lang række potentielle anvendelser. Det kan vi vende tilbage til en anden gang. For at sætte fantasien i sving skal her yderligere nævnes: SET-elektrometer (opløsning på $2 \cdot 10^{-4} e/\sqrt{\text{Hz}}$ ved 10 Hz), samt analog og digital SET-elektronik (extrem tæt pakning, minimal energiafsætning).

Referencer

- 1) K. K. Likharev, IBM Journ. Res. Dev. **32** 144 (1988).
- 2) P. Delsing, D. B. Haviland, T. Claeson, K. K. Likharev og A. N. Korotkov. Bidrag præsenteret ved den internationale SQUID'91 konference, 18-21 juni 1991 i Berlin.
- 3) L. J. Geerlings, V. F. Anderegg, P. A. M. Holweg, J. E. Mooij, H. Pothier, D. Esteve, C. Urbina og M. H. Devoret, Phys. Rev. Lett. **64** 2691 (1990).
- 4) L. S. Kuzmin og D. B. Haviland. Bidrag præsenteret ved den internationale SQUID'91 konference, 18-21 juni 1991 i Berlin.



Jesper Mygind. Lic.Techn. (Ph.D.) i fysik fra Danmarks Tekniske Højskole (DTH) 1972. Docent ved Fysisk Laboratorium I, DTH. Medvirkede 1986-89 ved opbygningen af Dansk Institut for Fundamental Metrologi (DFM). Forskningsfelt: Lavtemperatur faststoffysik, superledning, Josephson-effekt, kvante-metrologi, mesoscopiske strukturer.

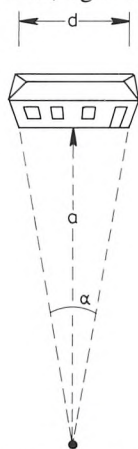
Meterstok i en Nabogalakse

Finn Berg Rasmussen, Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet

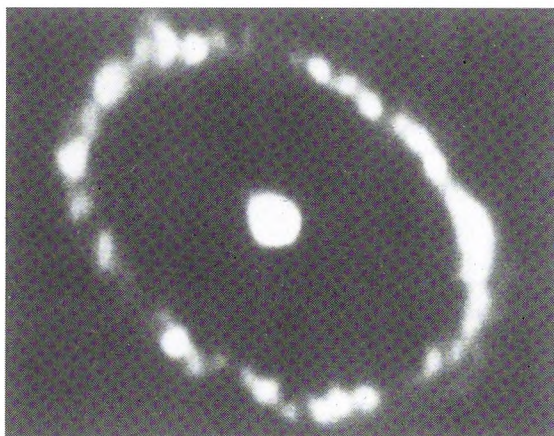
Når man kender en genstands størrelse, så kan man finde afstanden til den ved at observere, hvor stor den ser ud. Figur 1 illustrerer princippet. Husets bredde d forudsættes kendt. Man måler vinklen α mellem sigtelinierne til enderne af huset. Afstanden a kan så beregnes af formelen

$$d = 2a \operatorname{tg} \frac{1}{2}\alpha \approx a \alpha.$$

(Tilnærmelsen gælder for små vinkler, altså når $a \gg d$. Prøv f. eks. at sammenligne vinklens tangens og dens vinkelmaal i radianer, når d er 10 m, og a er 10 km).



Mange afstandsmålinger ud i universet foretages efter samme princip, i kombination med "velbegrundede gæt" vedrørende den karakteristiske størrelse af forskellige stjernetyper, af galakser, og af galaksehobe. En supernova, hvis eksplosion blev set i 1987, har nu bevirket en afgørende forbedring af disse afstandsbestemmelers nøjagtighed og pålidelighed. Her er tale om den første direkte afstandsmåling til et objekt udenfor vores egen galakse, mælkevejen.



Figur 2 viser en ringformet gassky, der cirkler omkring den endnu lysende supernova SN 1987A. Billedet er taget

fra Hubble-rumteleskopet med et kamera bygget af European Space Agency til fotografering af særligt lyssvage objekter. SN 1987A var tidligere en rød kæmpestjerne eller rettere en superkæmpe, og ringen består af materiale, der blev slynget ud fra superkæmpen tusinder af år før eksplosionen.

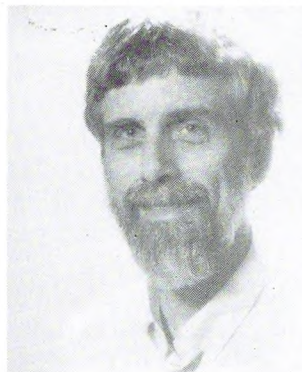
Ringens tidligere kold og derfor usynlig. Den begyndte først at lyse, da den blev opvarmet til en temperatur på ca. 20 000 K af strålingsglimtet fra supernovaeksplosionen. Ringens diameter er 1,37 lysår. Hvis den havde ligget i en plan vinkelret på synslinien, ville man således have set den lyse op hele vejen rundt 0,7 år eller omkring 8 måneder efter eksplosionen. Nu har planen en hældning på ca. 45°, og derfor befinder dens dele sig i forskellige afstande fra os. Resultatet har været, at dens nærmeste side begyndte at lyse allerede 3 måneder efter eksplosionen, mens dens fjerneste dele først lyste op 11 måneder senere. Gennem de følgende år er ringen atter kølet af.

Ringens hældningsvinkel kan beregnes ved at måle, hvor fladtrykt dens ellipseformede billede (fig. 2) er. Det tidsforløb for lysstyrken, som er beskrevet ovenfor, giver den nævnte værdi for diameteren, som via lyshastigheden kan omregnes til $1.30 \cdot 10^{13}$ km. Sigtelinierne til ellipsens yderste punkter danner en vinkel på kun 1,66 buesekunder med hinanden (På trods af slibefejlen i Hubble-teleskopets spejl, som først blev opdaget efter opsendelsen, er vinkelopløsningen på 0.07 buesekunder kun begrænset af lysets bøjning). Ved at indsætte disse tal i formelen (1) kan afstanden til SN 1987A beregnes til 169 000 lysår eller $1.60 \cdot 10^{18}$ km. Usikkerheden på denne afstandsmåling angives til $\pm 5\%$.

Som et kuriosum kunne man bemærke, at målingen benytter den nye meterdefinition (jvnfr. Jes Henningsens artikel andetsteds i dette hæfte), men med den her opnåede nøjagtighed spiller det spørgsmål kun en filosofisk rolle.

Reference

1. B. Schwarzschild, Physics Today, Februar 1991, side 20.



Finn Berg Rasmussen, lektor ved Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet. Gæsteforsker/professor ved ETH, Zürich 1965/66, Cornell University, New York 1973/74, og Université de Paris-Sud 1982, 1988, 1990. Termodynamiske og NMR eksperimenter ved millikelvin temperaturer.

Dansk Fysisk Selskab



Dansk Optisk Selskab



Årsmøde, 18-19 november 1991

Brandts Klædefabrik, Odense

Dansk Fysisk Selskab og Dansk Optisk Selskab holder fælles årsmøde den 18. og 19. november 1991 på Brandts Klædefabrik, Brandts Passage 37&43, Odense.

Et antal udenlandske og danske fysikere, repræsenterende et bredt spektrum af fysik og optik, er inviterede som foredragsholdere.

Årsmøde 1991 i Dansk Fysisk Selskab og Dansk Optisk Selskab
Tilmelding

Navn: _____

Adresse: _____

Telefon: _____

☐ Jeg ønsker at deltage i mødet.

☐ Jeg ønsker at deltage i middagen, pris ca. 155 kr, eksklusive drikkevarer.

Vejledende tilmelding til frokostbuffet á 100 kr.:

☐ mandag den 18.november

☐ tirsdag den 19.november

Send tilmeldingsblanketten
senest den 1. november

til

Jørn Hvam (DOPS)
Jens Onsgaard (DFS)
Fysisk Institut
Odense Universitet
Campusvej 55
5230 Odense M

Telefon: 66 15 86 00
Telefax: 66 15 87 60

Årsmøde 1991 i Dansk Fysisk Selskab og Dansk Optisk Selskab

Program

Mandag den 18. november

11 ⁰⁰ - 11 ⁴⁵	<i>Core Level Spectroscopy.</i> N.Mårtensson, (Uppsala)
11 ⁴⁵ - 12 ⁴⁵	Generalforsamling i Dansk Fysisk Selskab
12 ⁴⁵ - 13 ⁴⁵	Frokost
13 ⁴⁵ - 15 ¹⁵	Fællesforedrag 1: <i>X-ray microscopy.</i> G. Schmahl (Göttingen)
	Fællesforedrag 2: <i>Nonclassical light.</i> Malvin C. Teich (Columbia)
15 ¹⁵ - 15 ³⁰	Kaffe
15 ³⁰ - 16 ¹⁵	Fællesforedrag 3: <i>Title to be announced.</i> Ove Poulsen (Århus)
16 ¹⁵ - 19 ⁰⁰	Dansk Fysisk Selskabs Fysikpris overrækkes. Prismodtagerens foredrag
19 ⁰⁰ - 20 ¹⁵	Middag
20 ¹⁵ - 21 ³⁰	<i>On neutrinos.</i> Fællesforedrag ved Cecilia Jarlskog (Stockholm)

Tirsdag den 19. november

9 ⁰⁰ - 9 ⁴⁵	DFS: <i>Origin of the Moon.</i> Kaare Lund Rasmussen (Odense)
	DOPS: <i>Application of Laser Spectroscopy for Combustion Diagnostics.</i> M.Aldén (Lund)
9 ⁴⁵ - 10 ³⁰	DFS: <i>Physics with radioactive beams.</i> K. Riisager (Århus)
	DOPS: <i>Optical Information Processing.</i> H.J.Caulfield (Alabama)
10 ³⁰ - 10 ⁴⁵	DFS: Kaffe
10 ³⁰ - 11 ³⁰	DOPS: Kaffe og poster-session
10 ⁴⁵ - 11 ³⁰	DFS: <i>X-ray studies of C₆₀.</i> J.Bohr (Risø)
11 ³⁰ - 12 ¹⁵	DFS: <i>Band Theories.</i> N.E.Christensen (Århus)
	DOPS: <i>Optical Nonlinearities in Waveguides based on Quantum-Well Structures.</i> Carsten Thistrup (MIC)
12 ¹⁵ - 13 ¹⁵	Frokost
	DFS afslutning
13 ¹⁵ - 14 ¹⁵	Generalforsamling i Dansk Optisk Selskab
14 ¹⁵ - 15 ⁰⁰	DOPS: Kaffe og poster-session
15 ⁰⁰ - 15 ⁴⁵	DOPS: <i>Active Optical Fibres and their Applications in Telecommunication Systems.</i> Svend Dahl-Petersen (NKT)
15 ⁴⁵	DOPS afslutning

Årsmøde, 18 - 19 november 1991

Brandts Klædefabrik, Odense

Praktiske detaljer

Togtider:

(der kræves pladsbillet i **IC** tog)

IC København-Odense-Århus-Ålborg				
København H	Roskilde	Odense	Århus	Ålborg
8 ⁰⁰	8 ²⁰	10 ³⁵ 21 ³⁵	23 ¹⁴	0 ⁴⁵

IC Ålborg-Århus-Odense-København				
Ålborg	Århus	Odense	Roskilde	København H
6 ⁵⁴	8 ²⁷	10 ⁰⁸ 22 ⁰⁸	0 ²⁸	0 ⁴⁸

Typisk hotelpris: 400 kr

Vandrerrhjem: 95 kr



Den 6. juni 1991 tildelte Selskabet for Naturlærens Udbredelse H.C.Ørstedmedaljen i sølv til N.O.Lassen for hans mangeårige hverv som redaktør af Fysisk Tidsskrift.

Hæderstale for N.O.Lassen

Rektor, dr.phil. Ove Nathan, Københavns Universitet

Dette skulle jo være en højtidelig tale, men det er svært at være højtidelig overfor et så ligefremt og jordnært, piberygende menneske, som du er. Du står her for at modtage H.C.Ørstedmedaljen i sølv for dine fortjenester ved mangeårig redaktion af Fysisk Tidsskrift. Det skal jeg vende tilbage til. Selv føler jeg, at du fortjener den medalje også for en livslang meget flot og meget personlig indsats i din videnskab - flot indsats fordi du med sikkert blik for eksperimentelle muligheder og eksperimentelle konstruktioner har kunnet gennemføre forsøg med direkte sigte mod de fysiske teoridannelser og modeller, som var tidens. Og personlig præget indsats, fordi du med fin humor forenede træk af en nu svunden pionertid i fysikken, hvor rød lak, glasarbejde, kviksløvmanometre, ovnbagte magnetspoler, hjemmelavede geigertællere og tågekamre var daglige ingredienser - den tid forenede du elegant med en højteknologisk tidsalder, hvor kommercielt fremstillet elektronik, vakuumudstyr med mere erstattede meget af det hjemmelavede grej. Du lod dig ikke overvælde af det fabriksfremstillede, men bevarede sansen for den personlige idé, der kunne supplere den købte, og som rummede ideen om et originalt eksperiment.

Når jeg tænker over det, er det jo ligetil, at du måtte kaste dig over den opgave, der hed Fysisk Tidsskrift. Dette tilsyneladende så uanselige tidsskrift, hvis eneste farvetoning vistnok var omslagets røde eller grønne kardusagtige papir, har trofast gennem det meste af et århundrede båret en strøm af beretninger ud fra danske universitets- og læreanstaltsfysikers skriveborde, laboratorier, auditorier og frokoststuer ud til kolleger og andre interesserede i gymnasier, seminarier og alle andre steder, hvor man gerne ville have solid viden om den ny fysik. Fysisk Tidsskrift har aldrig foregivet at være det rene sødsuppe, der lod sig læse uden arbejde og forudsætninger. Men Tidsskriftets redaktører gennem tiderne har heller ikke tilladt det at blive et organ for en lille indforstået og højtspecialiseret ekspertkreds. En artikel skulle kunne læses af kollegaen på et helt andet fysikinstitut, af den interesserede kemiker og af fysiklæreren, der havde arbejdet en menneskealder i gymnasiet. Tidligt i århundredet havde Niels Bohr bidraget til Fysisk Tidsskrift med grundlæggende bidrag om kvantefysik. Christian Møller satte sine spor om relativitetsteorien.

Højgaard om Statistisk Mekanik. Og sådan kunne man blive ved.

At netop N.O.Lassen måtte identificere sig med Fysisk Tidsskrift, fremstår som en selvfølge. Man kunne næsten mærke duften af din piberøg fra hvert af de mange numre, du redigerede. Havde man holdt et foredrag i Fysisk Forening, med nogen mening i og med aktualitet og tilhørerinteresse, så kunne man være sikker på, at du dukkede op og ymtede noget om, at man vist egentlig skyldte Fysisk Tidsskrift en artikel. På den måde, ved opsøgende virksomhed, med venlig men skarp redaktion, ved flittig anmeldervirksomhed gjorde du tidsskriftet til en altid aktuel og levende sag, som formidlede på en måde, der var stilfærdig, men samtidig effektiv. Stilen lever næppe mere, i en nutid, hvor flerfarvetryk på kraftigt papir er den første forudsætning for at gøre sig bemærket og hvor en dybtgående specialisering indenfor alle fysikkens områder har ændret tonefaldet i formidlingens svære kunst.

Lovtaler har det med at overdrive. Selvfølgelig er Fysisk Tidsskrift ikke kun dit værk. Op mod et dusin redaktører var på spil i tiden fra 1902 til 1989, og nogle af dem har du samarbejdet med. En fælle fra de rigtig gamle dage står her. K.G.Hansen, still going strong - han og andre fortjener også deres del af æren. Men Selskabet for Naturlærens Udbredelse har dog ikke været i tvivl om, at din redaktionsindsats var så stærk og så personlig, at den måtte motivere H.C.Ørstedmedaljen.

Og så må jeg da tilføje et personligt ord til tak for din storsindethed da du engang for cirka 30 år siden gav rundhåndet plads ved din cyklotron - som man vel nok måtte kalde den - til en noget yngre kollega som med nogle vage ideer fik lyst til at lægge beslag på cyklotronstrålen til eksperimenter, hvis langstrakthed undertiden sled på din tålmodighed. Men det er en anden historie, som ikke hører hjemme her. Måske ikke på anden måde end den, at hvis jeg forhindrede dig i at komme til at arbejde med cyklotronen, så fik du nok mere tid til tidsskriftet - og således kunne mine eksperimenter da tjene et dobbelt formål.

Men jeg skal slutte her med at overrække dig den fine medalje, med indgraveret navn, som afslører at N.O. står for Niels Ove - det kan man ikke engang læse ud af den Blå Bog. Og slet ikke af Fysisk Tidsskrift hvor du altid bare stod anført som N.O.Lassen - et begreb og en institution.

Tilbageblik på et liv som fysiker

N.O.Lassen, tidligere redaktør af Fysisk Tidsskrift

Jeg vil gerne udtrykke min bedste tak til Selskabet for Naturlærens Udbredelse for den ære, man har vist mig, ved at tildele mig H.C.Ørstedmedaljen. Tak til selskabets direktion og dets formand, professor Dorte Olesen. Og ligeledes en hjertelig tak til Rektor for de smukke ord om mig. Da jeg får medaljen som anerkendelse af mit arbejde som redaktør af Fysisk Tidsskrift, må det også være mig en kær pligt at sige tak til mine medredaktører af tidsskriftet gennem tiderne, naturligvis først og fremmest dr. K.G.Hansen, om jo var redaktør flere år, før jeg kom med i redaktionen, og som sammen med mig har holdt ud til den bitre ende.

Når jeg nu benytter lejligheden, som ældre gerne gør, til at se lidt tilbage på mit liv, er der naturligvis mange, også blandt nulevende, som jeg skylder en tak. For ikke at glemme nogen vil jeg undlade at nævne navne, men håbe, at rette vedkommende alligevel modtager takken.

Afdøde professor Christian Møller sagde, at han havde været så lykkelig at have fået lov til at beskæftige sig med det, som han interesserede sig for. Det samme kan jeg sige. Måske kunne jeg også dreje ordene lidt og sige, at jeg har været så lykkelig at komme til at interessere mig for det, jeg blev sat til. Og lykken er jo at interessere sig for sit arbejde.

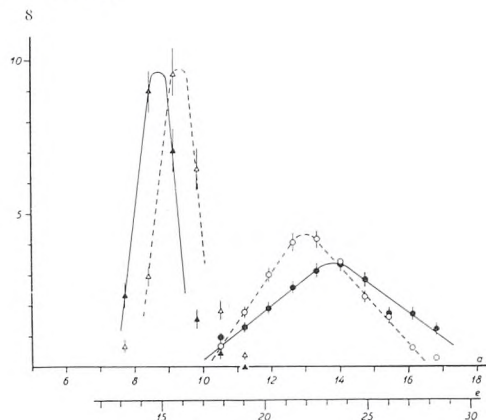
I 1935, det år da Niels Bohr blev 50, og det år da man på Universitetets Institut for Teoretisk Fysik for alvor begyndte forberedelserne på at skaffe Institutet en cyklotron og andre faciliteter til kernefysisk forskning, var jeg færdig med forprøven og lærerprøven, og efter at have snuset lidt til matematikken og lidt mere til astronomien var jeg klar til at gå i gang med fagprøvestudiet, og jeg ville være eksperimentalfysiker og studere spektroskopi hos dr. Ebbe Rasmussen, hvis forelæsninger over atomfysik og spektroskopi i høj grad havde fascineret mig. Men her stødte jeg på en mur. Der var ikke plads hos Ebbe Rasmussen, men jeg kunne komme til at studere hos dr. J.C.Jacobsen. Ebbe Rasmussen trøstede mig med, at kernefysik var det eneste, der var nogen fremtid i, og meget imod min vilje begyndte jeg så hos dr. J.C.Jacobsen. Men længe varede det ikke, inden jeg fandt stor glæde ved at deltage i arbejdet med ioniseringskamre, Geiger-Müller tællere og Wilson tågekamre.

Efter min embedseksamen i januar 1938 blev jeg knyttet til den gruppe som under Jacobsens ledelse var i færd med at opbygge cyklotronen. Her var af og til O.R.Frisch, som konstruerede forskellige sindrige hjælpeapparater, men en drivende kraft var den unge amerikaner Jackson Lasslett som - foruden S.Høffer Jensen og mig selv - var fuldtidsarbejdende ved cyklotronen, og som have nogen erfaring med fra Lawrence's laboratorium. Desuden deltog en studerende, Barfod, i arbejdet, og stor hjælp fik vi naturligvis af Institutets service-grupper, først og fremmest værkstedet under ledelse af laboratiemester H.W.Olsen.

Cyklotronen blev jo et af mine hjertebørn, og jeg fik da også lejlighed til, foruden at lede efter utætheder i vakuum-systemet, smøre lak på hullerne og reparere lodninger, at bruge den til noget. Under krigen foretog jeg nogle målinger af fissionsfragmenters ladning og deres ionisering i forskellige stoffer. Det var et emne, som interesserede Niels Bohr overmåde meget. En menneskealder tidligere havde han studeret α -partiklers opførsel ved gennemgang af stof. Nu var der en ny slags partikler. Når en urankerne rammes af en neutron, kan den undertiden bringes til at fissionere, det vil sige gå i to stykker, som slynges bort fra hinanden i modsatte retninger med store hastigheder. Kernen går dog ikke lige midt over, men deles i ulige store stykker, således at fissionsfragmenterne falder i to grupper, den lette gruppe med massetal omkring 96, og den tunge gruppe med massetal omkring 140. For den lette gruppe er hastigheden omkring $6v_0$, for den tunge omkring $4v_0$ ($v_0 = 2,2 \cdot 10^6$ m/sek er brintelektronens banehastighed). Nogle elektroner følger med kernerne, så fragmenterne ligner atomer, men hvor mange elektroner følger med? - Når fragmenterne passerer gennem stof, vil de ved sammenstød med stoffets atomer ionisere disse, men de kan også selv blive ioniserede, det vil sige tabe elektroner, hvorved deres ladning stiger. Men sådanne højtledede ioner kan også ved sammenstødene undertiden indfange elektroner. Ikke sådan at forstå, at fragmenterne får en bestemt ladning, men ladningen vil hele tiden fluktuere omkring en ligevægtsværdi, som ifølge Bohr er den værdi ved hvilken den løsest bundne elektron har en omløbshastighed om kernen, som er lig fragmentets translatoriske hastighed. Niels Bohr vurderede ladningen til at være cirka 20 elementarladninger, og mine målinger stemte godt hermed, og det var jo skønt. Men der var dog noget, der ikke passede. Jeg fandt at det tunge fragment har lidt højere ladning end det lette, medens Bohrs teori sagde det modsatte, at det lette fragment med den store hastighed har den største ladning. Så kan man spekulere over, hvem der troede på teorien, og hvem der stolede på eksperimenterne.

Både teorien og eksperimenterne var imidlertid rigtige. Jeg havde anvendt cyklotronen dels til at fremstille en stærk neutronkilde, og dels til at levere et stærkt magnetfelt, som afbøjede fissionsfragmenternes baner. En lille berylliumplade var anbragt et stykke inde i cyklotronen, hvor den blev bombarderet med 8 MeV deuteroner, så der fremkom en stærk neutronkilde. Vanskeligheden ved at fastlodde berylliumpladen, så der blev en god varmekontakt til den vandkølede holder, blev overvundet ved en metode, som Børge Madsen havde angivet. Styrken af en neutronkilde kan angives i mg RaBe ækvivalent. Institutet havde (og har) seks stærke kilder, hver på 100 mg RaBe; dette radium var en gave til Bohr på hans 50 årsdag. Men cyklotronen leverede en kilde svarende til nogle kg RaBe. Tæt bag ved berylliumpladen var anbragt et glimmerfolie, hvorpå der var

fordampet et tyndt stribeformet uranlag. Og herfra udgik fissionsfragmenterne. De løb i en krum bane i magnetfeltet, og efter 20 cm passerede de gennem en spalte, dækket af et tyndt glimmerfolie, ind i et ioniseringskammer, hvor deres energier blev registreret. Midt mellem uranstriben og ioniseringskammeret befandt der sig endnu en spalte, som kunne forskydes sidevæts, og herved kunne krumningen af banerne bestemmes. Det man således måler, er ladningen af fragmenterne, når de træder ud af uranlaget. I senere forsøg var banerne imidlertid lukket inde i en vakuumtæt kasse, således at partiklerne kunne bringes til at løbe i en gas i stedet for som tidligere i vakuum. Figur 1 viser resultatet af et sådant forsøg.

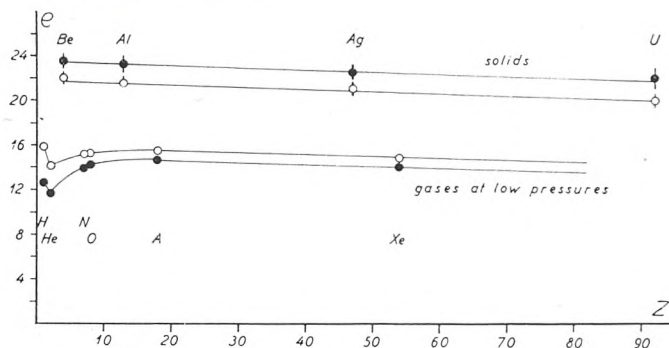


Figur 1. Ladningsfordeling af fissionsfragmenter. Abscissen er forskydningen a af midterspalten i afbøjningsapparatet, som er proportional til e/mv . Nedenunder er anført en ladningsskala. Cirkler henfører til fragmenter, der har passeret et tyndt Be lag før de kommer ud i vakuum. Trekanter henfører til fragmenter, der sendes ud i argon med et tryk på 0,9 mm Hg. Hvide og sorte punkter angiver henholdsvis lette og tunge fragmenter.

Her er ordinaten et relativt mål for antallet af fragmenter, der når ind i ioniseringskammeret ved forskellige stillinger af den midterste spalte. De sorte og hvide punkter svarer til henholdsvis det tunge og det lette fragment. I dette specielle forsøg var uranlaget dækket med et tyndt pådampet lag af beryllium, således at kurverne til højre i figuren, som er målt med vakuum i kassen, viser ladningen af fragmenterne ved deres udtræden af berylliumlaget. Ladningen er angivet på den nederste abscisseskala. Spredningen i ladningsværdierne afspejler, hvorledes ladningen fluktuerer inde i berylliumlaget. Ladningen er angivet på den nederste abscisseskala. Spredningen i ladningsværdierne afspejler, hvorledes ladningen fluktuerer inde i berylliumlaget. Kurverne til venstre viser målingsresultatet, når der er argon ved et lavt tryk, 0,9 mmHg, i kassen. Fragmenterne kommer naturligvis ud af berylliumlaget med samme ladningsfordeling som før, men de indfanger hurtigt nogle elektroner, og langs næsten hele banen fluktuerer ladningen op og ned eftersom sammenstødene mellem atomerne giver anledning til tab eller indfangning af elektroner. Banen er sammensat af et stort antal stumper med hver deres lidt forskellige krumning, og det der måles er en middelladning hen langs banen. Hvis alle fragmenterne i for eksempel den tunge gruppe var identiske ville man kun få partikler igennem

apparatet for en stilling af midterspalten (eller to, hvis man ramte ved siden af). Den spredning, der ses, skyldes inhomogeniteten og den eksperimentelle opløsningssevne. Man bemærker, at i argon har det lette fragment den største ladning, således som Bohrs teori siger.

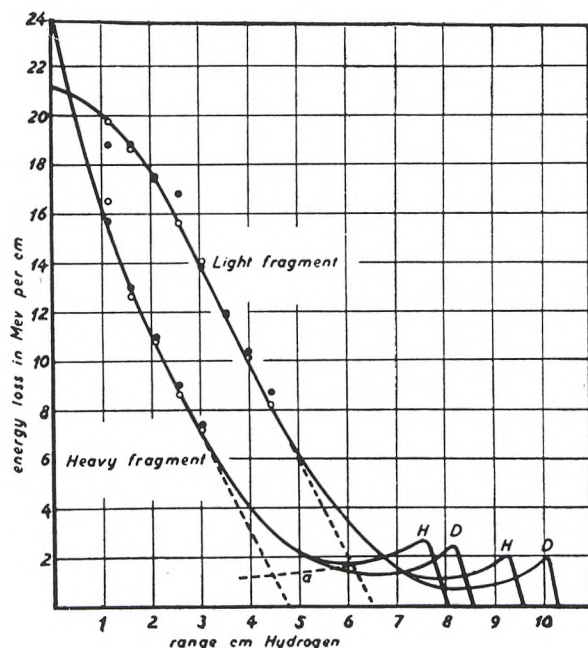
Ved at måle for en række tryk mellem 0 og 0,9 mmHg kunne man følge, hvordan kurverne ændrede sig fra formerne til højre til formerne til venstre, og dermed fik man oplysning om tværsnittet for elektronindfangning. Ved tryk over 1 mmHg sker først ingen ændring, men ved meget høje tryk (~400 mmHg) er ladningerne lidt højere. Og som vi ser på figur 2, hvor ladningerne i forskellige stoffer er afsat som ordinat, er ladningerne i faste stoffer højere end i gasser. I tætte stoffer er ladningen højest. Det er forståeligt, når man betænker, at fissionsfragmenterne er atomer, som mangler mange elektroner, som altså har mange ubesatte elektrontilstande. Hvis der ved et sammenstød indfanges en elektron, vil denne i de fleste tilfælde gå til en anslået tilstand. Elektronen vil hurtigt falde til grundtilstanden, men dette tager dog en endelig, omend kort tid, og jo tættere stoffet er, desto større er sandsynligheden for, at det næste sammenstød finder sted medens elektronen endnu er i en anslået tilstand, hvorfra den lettere kan fjernes end fra grundtilstanden. Derfor bliver ladningen højere i de tættere stoffer end i de tynde.



Figur 2. Ligevægtsladninger i forskellige stoffer som funktion af kerneladningen af de nedbremsende atomer. Som i figur 1 er de lette og tunge fissionsfragmenter angivet med henholdsvis hvide og sorte punkter.

Den sidste figur viser nogle primitive målinger af fissionsfragmenternes ionisering i brint og deuterium. Ordinaten er her energitabet i Mev pr cm af banen; sorte og hvide punkter svarer til henholdsvis deuterium og almindelig brint, og som man måtte vente følges sorte og hvide punkter ad for både det lette og det tunge fragment. Figuren giver en smuk illustration af Bohrs teori, ifølge hvilken ladningen, og dermed ioniseringen, er høj i begyndelsen af banen, men efterhånden som fragmenterne bremses og får mindre hastighed, aftager ladningen og ioniseringen. Det ser nok i første øjeblik en smule underligt ud med de sving, der er på kurverne i de to ender, hvor der ikke er nogen målinger. Ioniseringsmålingerne er imidlertid kombineret med Bøggilds tågekammermålinger af rækkevidder, med kendskabet til forholdet mellem arealerne under kurverne, og med Bohrs teori. Denne lærer os, at på den første del af banen, taber

fragmenterne energi ved at overføre energien til elektroner i de ramte atomer, og vi taler om elektronstød, men når ladingen bliver meget lille, optræder i stedet for kernestød, hvor energitabet sker ved, at det ramte atom som helhed får et rekyl. Kernestopningen, som er størst nær slutningen af banen, kan beregnes, og så kan man føje kurverne sammen som vist.



Figur 3. Energitab af fissionsfragmenter i brint (hvide punkter) og deuterium (sorte punkter).

Nu skal jeg ikke trætte auditoriet med flere af mine tidlige forsøg, som vel er af større interesse for mig selv end for tilhørerne. Jeg kan dog måske nævne, at da cyklotronen i slutningen af 40'erne, ikke mindst ved Børge Madsens indsats, leverede stærke γ -kilder af ^{24}Na til overlæge Jens Nielsen på Radiumstationen, benyttede jeg lejligheden til at bruge sådanne stærke kilder til at studere fotosønderdelingen af deuterium, som dengang var interessant. I den sammenhæng vil jeg også mindes, at cyklotronen gennem årene har produceret et stort antal radioaktive præparater til George Hevesy og hans medarbejdere til deres tracer forsøg.

Men ellers vil jeg springe frem til 1957. Cyklotronen var flyttet til de nuværende lokaler, den var igen bygget op fra grunden, og vi havde fået en α -stråle, som vi havde fået trukket ud af cyklotronen og ført til et naborum med tykke mure, hvor baggrundsstrålingen var tilstrækkelig lav til at tillade kernefysiske målinger. Når jeg siger "vi" mener jeg den på den tid forholdsvis store cyklotrongruppe, men især N.O.Roy Poulsen, som havde været særdeles virksom ved cyklotronen siden sin eksamen i 1948 og som var den drivende kraft bag konstruktionen af analyses magnet og kvadrupolmagneter og andre ting vedrørende den udvendige α -stråle. Roy Poulsen er nu leder af cyklotrongruppen og har hovedæren for, at cyklotronen i sit 53'ende år stadig er virksom, idet den producerer radioaktive kilder til lægerne på Rigshospitalet og andre steder. I 1957 havde vi besøg af

amerikaneren H.W.Fulbright, som lærte os, at bygge et ioniseringskammer med et Frisch gitter, og sammen med ham studerede vi α -spredning. Måske tænker man, at det havde Rutherford gjort 50 år tidligere, men forskellen var jo, at vi havde 20 MeV α -partikler.

Senere havde vi besøg af en russisk fysiker, V.A. Sidorov, med hvem vi studerede (α, p) reaktioner. Sidorov blev siden leder af fysikanlægget i Novosibirsk. En anden russer, Popov, arbejdede sammen med Ove Nathan og Ole Hansen ved studier af Coulomb eksitation. Jeg skulle vel også nævne, at allerede meget tidligt brugte Otto Kofod-Hansen, sammen med J.C.Jacobsen, cyklotronen til målinger af rekylenergien ved β -henfald. Endvidere at K.O.Nielsen sammen med andre udførte et forsøg, som ofte betegnes som forløber for CERN's ISOLDE projekt, idet en rørledning forbandt cyklotronen med Koch's isotopseparator, og massetal og levetider bestemtes for luftformige fissionsprodukter, produceret i cyklotronen.

Men tilbage til 1957, da jeg en dag sidder på mit kontor ved cyklotronen, og ind træder to herrer og forstyrrer min sjælefred ved at ville gøre mig til redaktør af Fysisk Tidsskrift efter H.M.Hansen. Det var professor H.Højgaard Jensen og dr. K.G.Hansen. De udviste stor overtalelsesevne, men kan sikkert begge bevidne, at jeg slog mig kraftigt i tøjret, og, som man jo gør i den slags situationer, udbad jeg mig betænkningstid. Jeg mente, som nok også andre universitetsansatte, at vi havde tre opgaver: Først skulle vi drive forskning, så vidt muligt undgå administration og overlade denne til dem, der havde evner herfor; dernæst skulle vi undervise studerende, og for det tredje skulle vi forsøge at informere en bredere kreds om vor videnskab og om, hvad det egentlig var, vi gik og foretog os. Men i den nævnte rækkefølge, og så blev der kun lidt eller ingen tid til det sidste. Efter overvejelse fandt jeg, at når nogen mente, at jeg kunne bruges som redaktør, var det min pligt at sige ja, og måske var det også en nem måde at klare den tredje opgave på - man kan jo somme tider være naiv. - Efter nogen tid blev også Fysisk Tidsskrift et af mine hjertebørn, og det er mig en stor glæde at modtage denne dags anerkendelse, som jo egentlig, i hvert fald delvis, burde gå videre til de mange forfattere af artikler i Fysisk Tidsskrift. Det er ikke så helt et lille arbejde at skrive en såkaldt populær artikel, og det tager lang tid, og forfatterne fortjener stor tak. At det tager tid kender jeg både som forfatter og redaktør. Jeg har jo ofte oplevet, at når en kommende forfatter har været så imødekommende at sige ja til at skrive om dette eller hint, ja så tager det lang tid, inden artiklen kommer - somme tider uendelig lang tid, der kommer slet ikke noget! Jeg har ikke nogen underbygget statistik, men skønner 70 % gevinstchance - dette er til trøst for dem som måtte føle sig trufne, de er ikke alene. Jeg erindrer kun een gang at være overrasket i modsat retning. Det var i 1962, da jeg skrev til en række personer i anledning af Bohr mindeskriftet; knap en uge efter kom en færdig artikel fra Hevesy i Stockholm. Den var håndskrevet på et sprog, som nogle af de i dag ældre mennesker erindrer med fornøjelse og veneration, ikke helt dansk, heller ikke svensk, men Hevesysk. Jeg havde

spekulationer med hensyn til i hvilken udstrækning, jeg skulle fordanske det.

Jeg vil gerne nævne en tredje gang, da jeg blev sat til noget, som ikke umiddelbart passede mig, men hvor jeg meget hurtigt blev glad ved arbejdet, nemlig da studienævnet i 1972 satte mig til Fysik I undervisningen.

Men nu slutter jeg med igen at takke Selskabet og samtidig udtale ønsket om at selskabet må få glæde af KVANT, og om at Selskabet må have fremgang i sine fortsatte bestræbelser på i Ørstedes ånd at udbrede kendskabet til naturvidenskaberne.



N.O.Lassen, videnskabelig medarbejder ved Niels Bohr Institutet, tidligere Institut for Teoretisk Fysik, fra 1938. Professor i fysik fra 1959 til 1984. Redaktør af Fysisk Tidsskrift fra 1957 til 1991.

femto og atto

I KVANT 1990 nr. 4 blev de forskellige enheders præfikser præsenteret. To af dem har dansk baggrund. Årsagen til det beskrives her.

Blandt mylderet af SI-præfikser er der to, som åbenbart er af anden afstamning end de øvrige, nemlig de i overskriften nævnte præfikser for 10^{-15} og 10^{-18} , der er udsprunget af dansk. Jeg er blevet bedt om at redegøre for deres historie.

I 1959 henvendte Leon Rosenfeld, der dengang opholdt sig ved NORDITA, sig til mig i min egenskab af formand for et rådgivende panel under den internationale standardiseringsorganisation, ISO, et panel, der blandt andet beskæftiger sig med enheder. Han var utilfreds med den historisk set misvisende brug af betegnelsen Fermi (forkortet Fm) for 10^{-13} centimeter ved angivelse af længder i kernefysikken og havde fået den idé, at man i stedet kunne bruge femto, (forkortet f) som SI-præfiks for 10^{-15} , så at 1 fm blev lig 10^{-15} meter = 10^{-13} centimeter. Fermis navn kunne måske så mere passende knyttes til længder inden for elementarpartikelfysikken.

Jeg syntes om tanken, især da jeg fandt ud af, at der i forvejen var én præfiks, der ikke kom af græsk eller latin, nemlig pico, der stammer fra *picolissimo*, som betyder lille på italiensk.

Jeg forelagde forslaget ved et ISO-panelmøde i Holland, nærmere bestemt under en udflugt til naturparken Hoge Weluwe. Panelmedlemmet Jan de Boer, der også var sekretær for Den Internationale Komité for Mål og Vægt (CIPM), spurgte hvad 18 hedder på dansk, og sådan blev præfikset atto for 10^{-18} til.

De to præfikser vedtoges på CIPM-mødet 1962 under henvisning til, at de allerede var medtaget i forskellige internationale og nationale standarder - og sluttelig af Generalkonferencen for Mål og Vægt i 1964.

Ved senere udvidelser af præfiksrekken er man vendt tilbage til hovedreglen: Præfikser med negativ eksponent afledes af latin (og ender på o), mens de, der har positiv eksponent, afledes af græsk (og ender på a).

Denne notits er ikke ment som reklame for femto og atto eller præfikser i det hele taget. Eksplicit brug af tierpotenser fører nok til færre misforståelser, men er i en del tilfælde ret besværlige.

H.Højgård Jensen

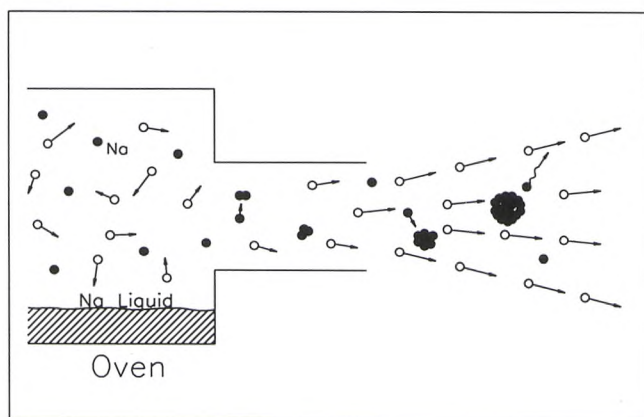
Superskaller i metalklynger.

Klavs Hansen, Niels Bohr Institutet

Betrakter man den udviklingsproces der består i at enkelte atomer af et bestemt stof sammenlejres indtil makroskopiske dimensioner nås, vil man opdage, at en række egenskaber varierer periodisk som funktion af størrelsen. Disse variationer er mest udpræget jo mindre systemerne er, og de er en af de stærkeste bevæggrunde til specielt at studere de ganske små systemer hvor antallet af atomer endnu lader sig tælle. Disse systemer kaldes klynger. Visse karakteristiske variationer er periodiske i klyngernes lineære størrelse og af den grund taler man om 'skalstruktur'. I mange tilfælde kan skallerne forklares ved en geometrisk pakning af atomerne lag for lag i klyngen. For metalklyngers vedkommende er der imidlertid variationer der kun kan forklares rent kvantemekanisk, som resultatet af kvantisering af valenselektronernes bevægelse i et sfærisk middelpotential.

Metalelektronernes kvantisering har mange lighedspunkter med elektronernes opførsel i atomet og med nukleonernes bevægelse i atomkernen. Men hvor både atomet og kernen er begrænset i størrelse, til mindre end cirka 100 elektroner for atomets vedkommende og mindre end cirka 250 nukleoner for kernens vedkommende, eksisterer denne begrænsning ikke for klynger. Metalklyngerne giver derfor mulighed for ikke blot at følge det kondenserende stof fra fødslen. De giver også en chance for at danne sig et billede af hvordan kvantestrukturen ville udvikle sig i atomer og kerner hvis de ikke var underlagt begrænsninger i størrelse.

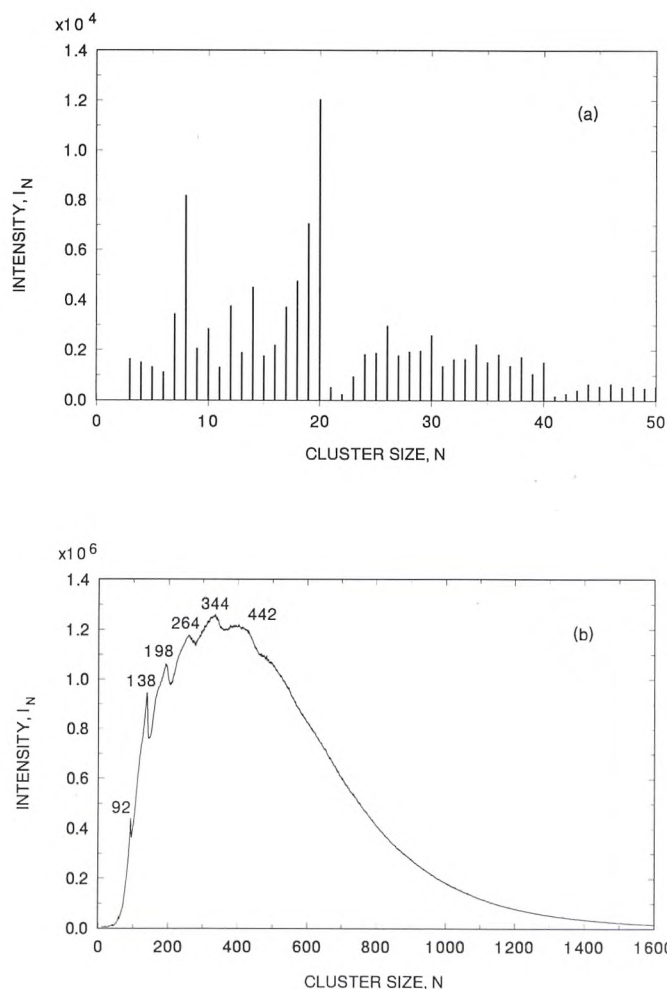
Med dette formål har en gruppe på Niels Bohr Institutet opstillet apparatur til at producere og måle på klynger af alkalimetaller. I det følgende skal beskrives resultater der belyser spørgsmålet om kvanteskalstrukturen for store kvantetal. Selve problemstillingen er tildels beskrevet i en tidligere KVANT-artikel¹.



Figur 1. Produktion af klynger. I ekspansionen af en inert gas gennem dysen med diameter 0.1mm vil gasatomernes termiske bevægelse konverteres til en ordnet translatorisk bevægelse. Den resulterende køling af gassen bevirker at natriumatomerne kondenserer til klynger.

Produktion af klynger

Den metode der anvendes til at producere klyngerne baserer sig på adiabatisk ekspansion af en mættet gas af metalatomer, i dette tilfælde natrium. Fra en ovn med 20 g natrium ved en temperatur på omkring 800°C, ekspanderer gassen ud i vakuum gennem en dyse med diameter på 100 μm . Det resulterende temperaturfald bevirker en kondensation af metalgassen. For at fremme kondensationsprocessen påtrykkes en ædelgas som kølegas, Ar eller Xe, med et tryk på 1-10 atm. (se fig.1). Med en sådan kilde kan man producere klynger i alle størrelser op til adskillige tusinde atomer. Eksempler på massespektre er vist i fig.2. Massespektrene er optaget ved at ionisere klyngerne og efterfølgende sende



Figur 2. Massespektre produceret med adiabatisk ekspansion og målt med et time-of-flight massespektrometer efter en forudgående fri flyvestrækning på 1 m, svarende til 1 ms. Kølegassen er (a): Argon med et tryk på 3 atm., og (b): Xenon med et tryk på 10 atm. Monomere og dimere observeres ikke pga. disses høje ionisationspotential⁵.

dem gennem et time-of-flight massespektrometer. Som det ses, producerer man ikke en enkelt masse, men snarere en bred fordeling. Massefordelingen kan varieres ved at ændre dysens dimensioner, ovns eller dysens temperatur, eller trykket af kølegassen.

Massespektre og skalstruktur

Som det fremgår af fig. 2 er intensiteten i et massespektrum ikke en jævnt varierende funktion af massetallet. Visse størrelser forekommer uforholdsmæssigt ofte. I det viste spektrum (2a), er det klyngerne med $N=8, 20, 40$, hvor N betegner antallet af atomer eller ledningselektroner i klyngen. Denne ujævne intensitet afspejler den varierende stabilitet af klyngerne overfor tab af atomer ved fordampning, således at $\text{Na}_8, \text{Na}_{20}, \text{Na}_{40}$ er specielt stabile mens $\text{Na}_9, \text{Na}_{21}, \text{Na}_{41}$ er mindre stabile end normalt. Netop dette mønster forventer man i en model hvor elektronerne bevæger sig frit i et kuglesymmetrisk volumen med en veldefineret overflade². Tallene 8, 20, 40 repræsenterer i denne model det antal elektroner der er nødvendige for at fylde tre på hinanden følgende skaller og kaldes magiske tal. I analogien til det periodiske system svarer de således til ædelgasserne. I eksperimentet fremkommer mønsteret ved fordampning af atomer fra klyngen i tidsrummet mellem produktionen og indgangen til massespektrometeret.

Et bekvemt udtryk for de observerede intensitetsvariationer kan man få ved at betragte den logaritmisk afledede af intensiteterne:

$$\Delta \log I_N = \log I_{N+1} - \log I_N \approx 2 \frac{I_{N+1} - I_N}{I_{N+1} + I_N} \quad (1)$$

Med denne repræsentation af data vil skalafslutningerne fremstå som skarpe dyk ned fra en glat varierende kurve. Denne behandling af data har vist sig særdeles nyttig når intensitetsvariationerne for store klynger skal kortlægges. Det viser sig nemlig, at amplituden af disse variationer aftager meget hurtigt med N . Ud fra teoretiske betragtninger

ville man forvente at amplituden aftog proportionalt med $N^{1/2}$. Man observerer snarere en eksponentielt aftagende amplitude. Forskellen kan forklares ved at tage klyngernes og specielt elektronsystemets endelige temperatur i betragtning³. Med en passende konstrueret midlet logaritmisk afledet er det muligt at skelne selv meget små systematiske variationer i intensiteterne fra de statistiske fluktuationer. Anvender man denne midlede afledede på f.eks. spektrum 2b, viser det sig, at den tilsyneladende helt glatte kurve dækker over ganske små systematiske variationer, også for N større end 600. Det fremgår af fig. 3 som viser den afledede som funktion af $N^{1/3}$ for det summerede massespektrum fra en lang række eksperimenter. Foruden den hurtigt aftagende amplitude bemærkes det, at skalafslutningerne forekommer meget regelmæssigt med en afstand i $N^{1/3}$ på cirka 0.6. Hvis man går ud fra at klyngens radius kan skrives $R = r_{ws} N^{1/3}$, svarer det til at klyngens radius skal vokse med et bestemt (ret lille) beløb for hver afsluttet skal. (Konstanten r_{ws} , der kaldes Wigner-Seitz radius, er for natrium $2.1 \text{ \AA}$). Fænomenet ses helt op til en klyngestørrelse på $N = 2800$ med 22 skaller. Denne øvre grænse er endda ikke nogen absolut grænse. Den udtrykker kun, at for større klynger er antallet af tællinger i de beskrevne forsøg utilstrækkelige til at separere signalet fra støjen.

Semiklassisk fortolkning

Periodiciteten i de magiske tal kan forstås ved hjælp af de kvantiseringsregler der blev opstillet i den allertidligste fase af kvantemekanikkens udvikling, når man desuden tager Pauliprincippet i betragtning. Ifølge Bohrs kvantiseringsbetingelse for tilstandene i brintatomet, er de tilladte energier bestemt ved betingelsen

$$\oint p dl = nh \quad (2)$$

hvor n er et heltal, p er impulsen i den lukkede, klassiske bane man betragter, og h er Plancks konstant. I brintatomet er det Kepler ellipser. Da potentialet i det indre af metal-klyngens volumen er tilnærmelsesvis fladt må de lukkede baner bestå af rette liniestykker, dvs være polygoner. Ydermere må impulsen være konstant langs banen. Man kan derfor udtrykke Bohrs betingelse som:

$$p \oint dl = pL = nh \quad (3)$$

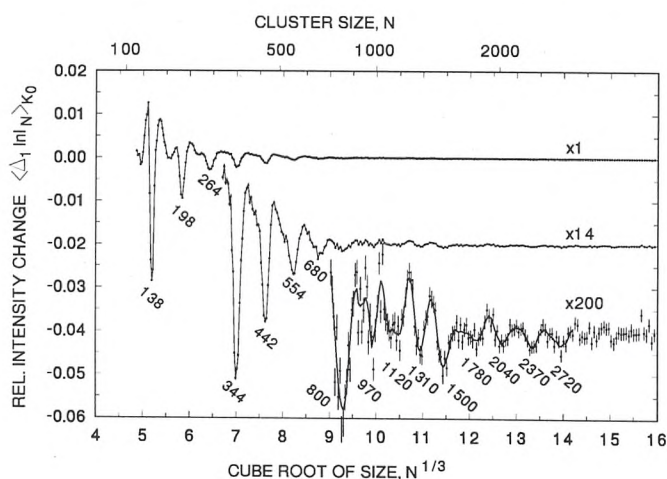
Det vil sige at banens længde for en bestemt impuls også er kvantiseret,

$$L = \frac{nh}{p} \equiv n\lambda \quad (4)$$

hvilket er de Broglies kvantiseringsbetingelse. Integralet over polygonen afhænger af dens præcise form, men er i alle tilfælde proportionalt med den lineære dimension som for et medium med konstant tæthed er proportionalt med $N^{1/3}$:

$$pL = p \oint dl = p \cdot \text{konstant} \cdot r_{ws} N^{1/3} \quad (5)$$

hvor konstanten vil afhænge af den præcise geometri af banen.



Figur 3. Relative ændringer af klyngeintensiteten som funktion af $N^{1/3}$. Ordinaten refererer til den generaliserede logaritmisk afledede omtalt i teksten. Derfra er fratrasket en jævnt varierende funktion for at opnå en kurve med middelværdi nul. De magiske tal findes som minima.

For en given impuls af elektronen vil de kvantemekanisk acceptable tilstande ifølge Bohr således forekomme periodisk i $N^{1/3}$. Og da skalstruktur netop er udtryk for en periodisk variation i forekomsten af elektrontilstande som funktion af energien eller impulsen, kan man allerede nu begynde at forstå hvorfor de magiske tal forkommer ækvivalente i $N^{1/3}$. For også at forstå hvorfor afstanden er 0.6 må man tage i betragtning, at elektronerne er fermioner og derfor adlyder Pauli princippet. Fylder man tilstandene efter dette princip, viser det sig, at energien af det højst besatte niveau (fermienergien) pga. udartningerne stort set er konstant uanset klyngestørrelsen, hvis elektronernes tæthed er konstant. Vender man argumentet om og antager at fermienergien er tilnærmelsesvis konstant, er det muligt at finde udartningerne, dvs. antallet af baner med samme impuls der kan opfylde kvantiseringens betingelsen (3). Anvender man nemlig (3) og (5) med konstant (fermi-)impuls ser man, at for en bestemt klyngestørrelse gælder at

$$n_0 \propto p_F N^{1/3} \quad (6)$$

hvor n_0 angiver værdien af n ved fermienergien. Tilstande med mindre impuls vil imidlertid også være besatte. Der er præcis n_0 af disse impulser der opfylder (5). Kvantetallet n_0 vil således også angive antallet af fyldte skaller i klyngen med N elektroner. Antallet af elektroner i en skal er:

$$g_n = \frac{dn}{dn} \propto n^2 \propto N^{2/3}. \quad (7)$$

Skalstrukturen giver sig derfor udslag i dels en periodisk variation af niveautætheden som funktion af elektronens bindingenergi for fastholdt klyngestørrelse, og dels i en tilsvarende variation for fastholdt impuls og varierende klyngestørrelse, N .

For store klynger afspejler de beskrevne forsøg oscillationer af antallet af niveauer ved fermienergien, og den impuls der skal anvendes i kvantiseringens betingelsen er derfor fermiimpulsen. Indsætter man fermiimpulsen svarende til en fermienergi på 3.24 elektronvolt for natrium, kan man finde fermibølgelængden og dermed det beløb vejlængdeintegralet $\oint dL$ skal forøges før man får en ny skal. Ved desuden at anvende den eksperimentelt fundne værdi, $\Delta N^{1/3} = 0.61 \pm 0.01$, finder man den tilsvarende forøgelse i klyngens radius. Dermed kan man finde vejlængdeintegralet i forhold til klyngens radius, R . Resultatet er;

$$\Delta L = (5.30 \pm 0.06) \Delta R \quad (8)$$

eller

$$L = (5.30 \pm 0.06) R \quad (9)$$

Denne eksperimentelt fundne proportionalitetskonstant angiver længden af de klassiske baner der opfylder kvantiseringens betingelsen - i forhold til klyngens radius. Sammenligner man det eksperimentelle resultat med længderne af simple lukkede polygoner opdager man, at konstanten 5.38 ikke svarer til nogle af dem. Tager man derimod gennemsnittet af vejlængden for en trekantet og en firkantet bane passer resultatet ganske godt. Resultaterne for disse polygoner er:

$$L_{\Delta} = 3\sqrt{3} R = 5.20 R \quad (10)$$

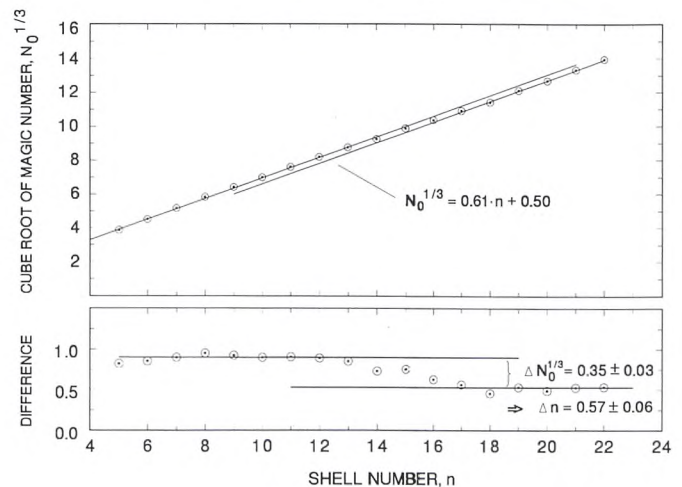
og

$$L_{\square} = 4\sqrt{2} R = 5.66 R \quad (11)$$

Dette indikerer, at de klassiske baner der er relevante for skalstrukturen er de trekantede og de firkantede baner.

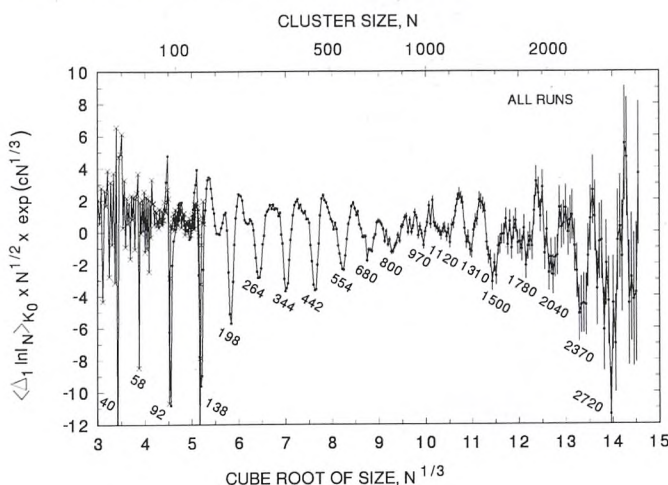
Superskaller

Man får således en forklaring på periodiciteten og samtidig en ret præcis bestemmelse af perioden med dette billede. Men derudover har en sådan lige vægtning af trekantede og firkantede baner en anden interessant konsekvens. Plotter man værdien af $N^{1/3}$ for skalafslutningerne som funktion af skalnummeret, ser man, at den lineære afhængighed ikke holder helt perfekt (fig. 4). Omkring $N^{1/3} \approx 10$ har kurven et lille knæk der forskyder linien med en halv skalafstand. Denne forskydning er en konsekvens af de lidt forskellige perioder for de trekantede og de firkantede baner der giver anledning til skalstrukturen. Tilstande der svarer til enten trekantede eller firkantede baner forekommer begge periodiske i $N^{1/3}$, men perioden er en smule forskellig. En sådan sum af to periodiske funktioner med næsten samme frekvens giver anledning til de relativt hurtige oscillationer der ligger med en afstand i $N^{1/3}$ bestemt af gennemsnittet af frekvenserne. Men desuden vil amplituden moduleres periodisk med en frekvens der svarer til den halve forskel mellem de to frekvenser. Denne modulation er blevet kaldt superskaller, fordi den omfatter et større antal almindelige skaller. Superskallerne giver sig bl.a. udslag i en ændring af positionen af skalafslutningerne på en halv periode når man passerer gennem punktet hvor amplituden er minimal. Det er netop dette faseskift man ser omkring $N^{1/3} = 10$. Positionen af dette faseskift er i god overensstemmelse med



Figur 4. Kubikroden af de magiske tal fra fig. 3 plottet mod skalnummeret, n . Punkterne falder på to linier med samme hældning, 0.61, men forskudt med et beløb svarende til en halv skalafstand. Faseskiftet ses lettere på nederste del af figuren, hvor en ret linie er fratrasket. Figuren er fra ref.6.

teoretiske beregninger foretaget med simple middelfelt-teorier⁴ både i form af eksakte løsninger af Schrödinger-ligningen og ved semiklassiske betragtninger. De sidste giver et indblik i hvorfor netop trekant- og firkantbaner - i modsætning til femkanter, sekskanter osv. - giver de dominerende bidrag til forsøgsresultatet.



Figur 5. Punkterne fra fig.3 korregeret for effekten af klyngernes endelige temperatur vha. faktoren $N^{1/2} \exp(0.65N^{1/3})$.

Eksistensen af dette faseskift er et af de bedste eksperimentelle signaler på superskallerne og en slående bekræftelse på gyldigheden af den forholdsvis simple beskrivelse af elektronernes opførsel i disse små metaldråber. En yderligere bekræftelse på interferensen mellem trekant- og firkantbaner får man ved at gange resultaterne fra fig.3 op med en korrektion for størrelse og temperatur af formen $N^{1/2} \exp(0.65N^{1/3})$. Resultatet fremgår af fig.5. Man ser hvorledes interferensminimet optræder netop der hvor faseskiftet finder sted, $N \approx 1000$.

Konklusion

I det foregående er beskrevet hvordan valenselektronerne i natriumklynger udgør et kvantesystem analogt til grundstoffernes periodiske system. Ved at betragte to typer klassiske lukkede baner er det muligt at forklare hvorfor de magiske tal forekommer ækvivalent i $N^{1/3}$, at bestemme afstanden og at forstå det observerede faseskift ved $N^{1/3} \approx 10$. Natriumklynger er således et godt modelsystem når man ønsker at studere korrespondensen mellem klassisk bevægelse og kvanteskalstruktur.

Disse resultater betyder langt fra, at metalklyngernes fysik er fuldstændigt kortlagt. Nogle af de uafklarede spørgsmål relaterer til ionernes rolle. De ovenstående betragtninger underspiller fuldstændig vekselvirkningen mellem ioner og elektroner, idet ionernes positioner overhovedet ikke tillægges betydning. Andre åbne problemer vedrører kollektive eksitationer af valenselektronerne. Forbindelsen til discipliner så forskellige som kerne-, atom- og faststoffysik stiller bestræbelserne på at opklare disse problemer i et specielt lys.

Referencer:

- 1) S.Bjørnholm, KVANT **1**, 20 (1990)
- 2) W.D.Knight, K.Clemenger, W.A.de Heer, W.A.Saunders, M.Y.Chou, M.L.Cohen, Phys. Rev. Lett. **52**, 2141 (1984)
- 3) M.Brack, O.Genzken, og K.Hansen, Z.f.Phys. **19**, 51 (1991)
- 4) H.Nishioka, K.Hansen, og B.R.Mottelson, Phys.Rev. **B42**, 4377 (1990)
- 5) S.Bjørnholm, J.Borggreen, O.Echt, K.Hansen, J.Pedersen, H.D.Rasmussen, Phys. Rev. Lett. **65**, 1627 (1990)
- 6) J.Pedersen, S.Bjørnholm, J.Borggreen, K.Hansen, T.P.Martin, og H.D.Rasmussen, NBI-preprint, indsendt til Nature.



Klavs Hansen. Adjunkt ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet. Cand. Scient. med speciale i teoretisk højenergifysik i 1986 og fra 1987 tilknyttet klyngefysikgruppen ved Niels Bohr Institutets Tandem Accelerator Laboratorium ved Roskilde. Ph.D. 1991 i eksperimentel klyngefysik.

 Spectra-Physics

**Spectra
Diode Labs**

 **LASOTRONIC**

 **uniphase**

 **ANDO**

 **PHOTON
INC.**

 **JOBIN
YVON**

 **OPHIR**

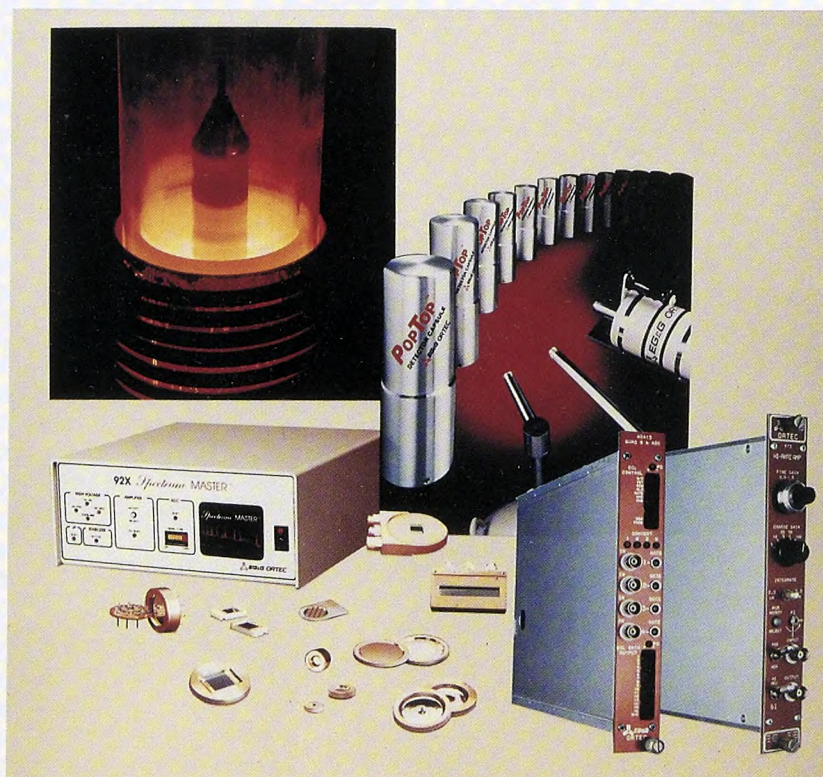
 **Exciton**

burleigh

 **LASER
PHOTONICS**

 **UNITED
DETECTOR
TECHNOLOGY**

 **bbt.
instrumenter**



**TOOLS
of the
TRADE**

- Radiation
- Detection
- Measurement
- Analysis

**EG&G
ORTEC**

**Den danske leverandør
af radioaktivitetsmåle-
udstyr samt laser -
og opto - elektronik
fra de førende
fabrikanter**



 **laser science, inc.**

 **micro-
controle**

 **EG&G ORTEC**

QUESTEK

 **EG&G
GAMMA SCIENTIFIC**

 **EG&G
FIBER OPTICS**

 **Quanta-Ray**

 **EG&G PRINCETON
APPLIED RESEARCH**

 **PHOTON
CONTROL**

**BBT Instrumenter ApS
Dr. Olgasvej 6
DK-2000 Frederiksberg**

**Telefon 31 19 82 08
Telefax 31 19 87 47
Telex 35 326 bbt dk**

**ELEKTRONIK
ELEKTROMEDICIN
ELEKTROKEMI
FORSKNING
UNDERVISNING**

BOGANMELDELSE

Atomer og kvarker - den nye fysik

Inge Sellevåg, oversat og bearbejdet af Børge Svane Nielsen
Statens Informationstjeneste, ISBN 87-503-9014-7
60 s., pris 70,00 kr

Den moderne partikelfysik beskæftiger sig i dag med eksotiske emner, der umiddelbart virker som om den ikke har forbindelse med almindelige menneskers dagligdag. Men de eksotiske partikler og kræfter, som studeres, er grundlaget for den verden, vi lever i.

Dette hæfte fortæller på en spændende måde om dette emne. Hæftet er skrevet på almindelig dansk og indeholder et væld af farveillustrationer. Der er bygget op som en serie artikler med en længde på en eller to sider.

Artiklerne er delt op i fire hovedafsnit. I de første to berettes der om de partikler og kræfter, der studeres. Dernæst beskrives LEP, den hidtil største videnskabelige instrument, der befinder sig ved Geneve i Schweiz, og som bruges til at udforske elementarpartiklerne. Endelig fortælles der om hvorledes studiet af elementarpartiklerne giver oplysninger om hele universets oprindelse og struktur.

Det første afsnit indledes med en historisk introduktion, hvor der berettes om, hvorledes man opdagede atomet og efterhånden trængte ind i dets indre. Dernæst beskrives de forskellige former for elementarpartikler, kvarker, elektroner og neutrinoer. Blandt andet beskrives det hvorledes man med disse få partikler kan "bygge" vand.

Partikler og kræfter er uløseligt knyttet sammen og det beskrives i næste afsnit, hvor de forskellige former for kræfter beskrives, og der fortælles om bestræbelserne på at forene dem i en altomfattende teoretisk model.

Den europæiske accelerator, LEP, er en ring med en omkreds på 27 kilometer, udstyret med fire gigantiske detektorer, der hver vejer flere tusinde tons. Den er hovedpersonen i tredje afsnit. På trods af dens størrelse er den et overvældende præcisionsarbejde, og den mest avancerede teknologi er taget i anvendelse, således at man kan studere elementarpartiklernes dybeste væsen.

Selvom elementarpartiklerne er de mindste enheder i naturen, har de en umiddelbar forbindelse til den største enhed, nemlig hele universet. I fjerde afsnit beskrives den gensidighed hvormed studiet af elementarpartiklerne kan lære os noget om universet, og omvendt hvorledes studier af universet, f.eks. i forbindelse med supernovæekspllosioner, kan lære os noget om elementarpartiklerne.

Jørgen F. Bak

Intuitiv ekspertise - den bristede drøm om tænkende maskiner.

H. og S. Dreyfus, oversat af Viggo Hjørnager Petersen og Kirsten Andersen
Nysyn - Munksgaard, ISBN 87-16-10542-7
224 s.

Denne bog handler overordnet set om kunstig intelligens og man kan måske undre sig over hvorfor den omtales i et tidsskrift om fysik. Grunden er at det også er en filosofisk bog om hvad viden er og hvem der er eksperter i bredeste forstand. Samtidig har noget af grundlaget for teorierne for begrebet kunstig intelligens bygget på en skelen til fysikernes metoder, idet man har søgt efter "Newtons lov for intelligens".

Forfatterne er professorer i filosofi og operationsanalyse. De er meget kritiske overfor begrebet kunstig intelligens. Bogen udkom oprindeligt i 1986, men er blevet revideret i 1988, idet udviklingen har overhalet noget af deres oprindelige kritik.

Bogen anvender ofte citater fra artikler, tidsskrifter og aviser. De kan visse steder virke lidt fremmede, dels fordi det er citater fra amerikanske kilder, og dels fordi de har nogle år på bagen.

Da bogen handler om begrebet "tænkende maskiner" er der naturligvis en del beskrivelser af teorierne for disse. Men da grundlaget for sådanne maskiner er ideen om at efterligne mennesker, er der også en diskussion af hvad menneskelig intelligens og ekspertise er. Forfatterne argumenterer for at en væsentlig del af ekspertens rolle er at have en intuitiv fornemmelse af et givet emne.

I revisionen fra 1988 er der tilføjet et afsnit om neurale netværk, og det er jo et emne som også dyrkes indenfor fysikkens rammer. Her rejser forfatterne også pegefingeren og påpeger at de neurale netværk er begrænsede af de mennesker, der kreerer dem, og at det ikke er muligt at medtage de løsninger, som den menneskelige ekspert nogle gange falder over på intuitiv baggrund på trods af logikken.

Jørgen F. Bak

Niels Ove Roy-Poulsen 1926-1991.

Mindeord ved Finn Berg Rasmussen, Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet.



Niels Ove Roy-Poulsen
16.4.1926 - 19.6.1991

Det må være lidt over 30 år siden, at jeg første gang hørte om "Roy". En lidt ældre studiekammerat havde fået specialeplads ved Niels Bohr Instituttets cyklotron, med N. O. Roy-Poulsen som vejleder. Min kammerat fik her en ny helt, og jeg kan endnu huske det stik af misundelse, som hans beretninger fremkaldte hos mig. Selv fik jeg nu også hurtigt kontakt med Roy-Poulsen gennem hans veltilrettelagte øvelseskurser i kernefysik og elektronik, og vi er en hel del, der gennem disse kurser fik en god forståelse af den dengang mystiske og komplicerede elektronik.

Roy-Poulsen blev mag. scient. i fysik i 1951 og blev umiddelbart efter tilknyttet Niels Bohr Instituttet som videnskabelig medarbejder ved cyklotronen. Det har været et spændende tidspunkt, fordi cyklotronen netop da blev flyttet til en ny hal og genopbygget helt fra grunden. Roy-Poulsens eksperimentalfysiske talent har haft stor betydning for denne genopbygning og i de følgende mange års videreudvikling af cyklotronen og dens anvendelsesmuligheder. I de senere år, hvor den kernefysiske grundforskning er henlagt til andre instrumenter, er cyklotronen, på Roy-Poulsens initiativ, i stigende omfang taget i brug til produktion af især kortlevende radioaktive tracersotoper, hvad bl. a. Rigshospitalet (Niels Bohr Instituttets nabo) har nydt godt af.

Roy-Poulsens seneste videnskabelige aktivitet har ligget på overgangsområdet mellem kernefysik og faststoffysik, i anvendelsen af Mössbauer-effekten til studiet af meteoritter. Her er tale om et vidtgående samarbejde mellem Roy-Poulsen og andre medarbejdere ved cyklotrongruppen, Danmarks tekniske Højskole, og H. C. Ørsted Institutet. Såfremt det om nogle år lykkes at landsætte et Mössbauer-spektrometer på Mars, vil dette instrument også indeholde bidrag fra Roy-Poulsen.

Roy-Poulsen var kendt langt udenfor fysikernes kreds. Han var i en periode formand for Dansk Magisterforening og var medstifter af Universitetslærerforeningen.

Man gik vist aldrig forgæves til Roy-Poulsen, når man havde brug for hjælp, hvad enten det var større problemer eller mere overskuelige som et åbent hus arrangement. Da Fysiklegestuen på H. C. Ørsted Institutet skulle startes, foretog han en omfattende gennemgang med os af Niels Bohr Instituttets gemmer for at finde egnet apparatur. Mange gymnasielærere erindrer med taknemlighed inspirerende og vellykkede klassebesøg ved cyklotronen.

Roy-Poulsen var en personlighed, som mange vil savne.

Vejledning for forfattere

Redaktionen af KVANT modtager meget gerne artikler fra læserne. Indholdet af artiklerne bør være forståelig for personer med interesse for fysik - således at en god gymnasieelev vil få noget ud af at læse artiklen. Det gør ikke noget at der optræder enkelte (og enkle) formler i teksten. Illustrationer til artiklerne er meget velkomne.

Det er håbet at der vil komme en række rubrikker - der er allerede en debatside, som er åben for indlæg om alt hvad der rører sig om fysik. Bladet vil også bringe meddelelser fra Dansk Fysisk Selskab og Selskabet for Naturlærens Udbredelse, ligesom omtale af arrangementer, der kan have interesse for fysikinteresserede vil blive bragt. Da der kun kommer fire numre om året (se planlagte udgivelsestidspunkter nederst på denne side) skal der gives meddelelse om et givet arrangement i god tid, hvis det skal kunne komme med i bladet.

Redaktionen vil også stræbe efter at kunne bringe korte notitser med friske nyheder og anmeldelser af bøger af interesse for fysikere.

Vejledning i udformning af artikler til KVANT

For at lette produktionen modtages artikler helst på elektronisk facon. Det kan enten være som elektronisk post til e-mail adressen

kvant@dfi.aau.dk

eller på en DOS-formatet diskette, der sendes til

KVANT

Det fysiske Institut

Ny Munkegade

8000 Århus C

eller afleveres til et redaktionsmedlem sammen med eventuelle figurer, og - *meget vigtigt* - et billede og en præsentation af forfatteren, i stil med de præsentationer, der findes i slutningen af hver artikel i dette nummer.

Debat

Debatsiderne er åbne for indlæg om emner der har med fysik at gøre. De første to indlæg har handlet om forsknings- og undervisningspolitik, men der er mange andre emner der kan tages op.

Korte bemærkninger til en forhåbentlig interessant debat er også velkomne. Debatindlæg sendes til redaktionen.

Teksten kan enten være skrevet i WordPerfect eller med T_EX eller som en ren ASCII-fil. Hvis det ikke er muligt at aflevere teksten i et af disse formater, kan en papirudgave af artiklen naturligvis anvendes.

Formler og specielle symboler kan indsættes i teksten med WordPerfect eller T_EX. De modtages dog også gerne på papir.

Illustrationer og billeder til artiklerne afleveres separat - det er (endnu) en kvalitetsmæssig fordel at indsætte disse i artiklen på sædvanlig facon. Undlad venligst at afsætte plads til dem i teksten, men placer figurforklaringen til sidst eller for sig selv.

Tabeller og opstillinger ønskes enten i WordPerfect format eller som opstillinger med tabulatorer. Brug ikke for megen energi på at lave "snedige" opstillinger med linier og lignende.

- Overskriften skrives med store bogstaver.
- Forfatternavne skrives med kursiv.
- Afsnitoverskrifter skrives med fed skrift.
- Der er ingen tomme linier mellem afsnit, men de indledes med en indrykning (tabulering).
- Referencer anføres i teksten med et løftet ciffer, og anføres til sidst i artiklen med nummer, forfatter, artikel (eventuelt bind-nummer med fed skrift), sidetal og årstal i parentes.
- Husk et billede og en kort præsentation af forfatteren.

Tidsfrister

Korte notitser og meddelelser til nummer 4, 1991, der vil udkomme i november, skal være indsendt senest den 1. november.

Fremover er produktionsplanen at der vil udkomme et nummer i månederne februar, maj, august og november. Artikler til disse numre skal være afleveret senest den 1. januar, 1. april, 1. juli og 1. oktober.

Abonnement på KVANT

koster 135 kr for en årgang og vil blive opkrævet pr. giro. Nye abonnenter vil modtage eventuelle tidligere numre af den løbende årgang. Medlemmer af Dansk Fysisk Selskab og Selskabet for Naturlærens Udbredelse vil modtage bladet som et medlemsblad.

Abonnement tegnes ved at skrive til

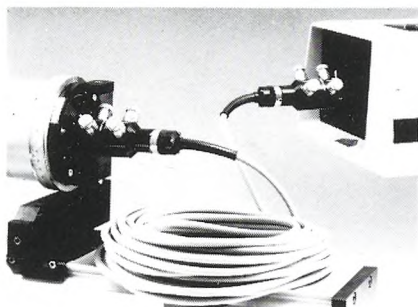
KVANT, c/o Det fysiske Institut, Ny Munkegade, 8000 Århus C

Godt Nyt for Amatørastronomer

En række astronomiske foreninger og Astronomisk Selskab begyndte 1. september at udgive tidsskriftet "amatørASTRONOMEN". Det skal udkomme 6 gange årligt og koste 200 kr. for et årsabonnement.

Fristen for at bestille et prøvenummer var 15. juli, men første årgang skal under alle omstændigheder bestilles for en særlig pris (34 kr.) for hvert af de følgende 4 hæfter. Man kan indbetale 35 kr. og se, hvad der sker, til: girokonto 1 92 39 00, Astromedia Forlag, Sønderklit 15, 9990 Skagen.

OPTIKPROBLEMER



Lysleder med connectorer fra DANTEC monteret på en argonlaser.

Den danske leverandør af optik,
Opto-electronik og mekanik

Laser - Laserpowermeter - Shutter - Optisk
slebne og støbte linser - Vibrationsdæmpe-
de borde - Prismen - Spejle - Filtre - Cuvetter
- Xenonlamper og alle former for belysning -
Produktionslaser - Lysleder.

Beregninger udføres - Rekvirer katalog

 SPINDLER
& HOYER

 plan
optik

 ILS
PRODUCTIONS
LASERS

 Cathodeon
LASER, LIGHTS &
ELECTRONICS

 DANTEC
FIBER &
BENCHES

 A-plus
OPTO-ELECTRO



ERNST J. WILD

LYS-LINSE & LASER TIL INDUSTRI & FORSKNING

NÆSBYHOLMVEJ 20

2700 BRØNSHØJ

TLF. 31 80 01 10

FAX. 31 80 22 40