Fra Fysikkens Verden

Nr. 1 – 2002
64. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Reidun Renstrøm:
Bohrs vei til atomenes struktur 8
Øyvind Grøn:
Universet var varmere før 19
Fra Redaktørene 2
FFV Gratulerer 2
Sigve Tjøtta
Thomas W. Ebbesen
In Memoriam 5
Ole Kristoffer Gjötterud
Magne Kringlebotn
Fysikknytt 6
Gravitasjonell kvanteeffekt observert
Indeks 2001 15
Fra Fysikkens Historie. 21
Plasmafysikk på 1700-tallet
Nordlyspioneren Leif Harang
Bokomtaler 24
Nye Doktorer 27
Dr.scient. Rune Gangeskar
Dr.scient. Yngve Kvinnsland
Dr.scient. Gunnar Prytz
Dr.scient. Geir Vigdel
Dr.scient. Stein Westad Ødegård
Dr.scient. Jim-Viktor Paulsen
Trim i FFV 29
Fysikksnutt 30
Nytt fra NFS 31
Fysikermøtet 2002
Nye medlemmer

Wolfgang Pauli og Niels Bohr studerer spinn
(se artikkel om Bohr)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

En viktig del av Den europeiske unions strategiske vyer er nedfelt i den såkalte Lisboa-prosessen. Målet for denne prosessen er "å bli verdens mest dynamiske og konkurransedyktige vitenskapsbaserte økonomi" *(http://www.cordis.lu/rtd2002/science-society/home.html)*. Dette er store ord. Sammen med de øvrige store økonomiske sentra i verden med tilsvarende målsettinger er vi altså allerede inne i et slags "vitenskapsbasert økonomi-tiår".

I denne sammenhengen har Europakommisjonen laget en meget ambisiøs handlingsplan, "Vitenskap og samfunn", som skal bidra til å

- fremme den vitenskapelige og utdanningsmessige kultur i Europa
- bringe vitenskapen nærmere innbyggerne
- basere politiske beslutninger på vitenskapelig ansvarlighet.

For å fremme disse overordnede mål forelsås 38 konkrete tiltak som skal styrke og utvikle forholdet mellom vitenskap og samfunn.

En større undersøkelse, *Europeans, science and techology, Eurobarometer 55.2*, viser store sprik mellom landene når det gjelder innbyggernes forhold til vitenskap og teknologi. Interessant nok er det ikke først og fremst undervisningsinstitusjonene som anses som viktige i denne sammenheng – det er tydeligvis mediene som er flaskehalsen. Også i Europa opplever man det fenomen som vi nylig har sett her i Norge; på den ene side ønsker folk faktisk informasjon og opplysning, mens på den annen side opplever vi at slikt stoff nedprioriteres i mediene (jfr. Schrødingers katt).

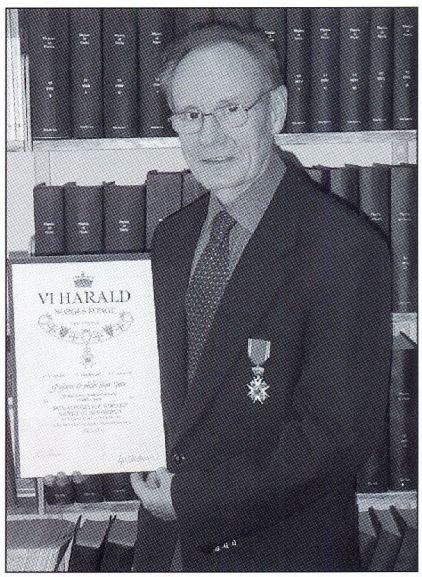
Av de 38 foreslåtte tiltak handler seks om massemediene og deres rolle, noe som i høy grad burde appellere til de medieansvarlige også her hjemme. Vi har en sterk mistanke om at også på dette felt er Norge langt fra å være "best i klassen".

Vi registrerer forøvrig med tilfredsstillelse at det europeiske fysikermiljøet på mange måter har ligget i forkant når det gjelder kommisjonens tiltaksliste. Vi vil gjerne komme tilbake i FFV med beskrivelse og kommentarer til dette. Her vil vi bare hilse dette arbeidet velkommen, og håpe at bevisstheten om at vitenskap og teknologi er to helt nødvendige grunnpillarer i vårt samfunn også vil sige inn til våre lokale beslutningstakere.

∞

FFV Gratulerer

St. Olavs Orden til Sigve Tjøtta



Den 17. desember 2001 ble "Professor dr.philos. Sigve Tjøtta for /sin/ innsats for akustisk forskning utnevnt til Ridder 1. klasse av Den Kongelige Norske Sankt Olavs Orden". Under en tilstelning ved Universitetet i Bergen den 8. februar, var et 70-talls kolleger, venner og familie til stede for å hedre Tjøtta for hans innsats innen forskning, forskningsledelse og -administrasjon. Dekorasjonen ble overrakt ham på Slottet 15. februar 2002.

Sigve Tjøtta (70-årsomtale i FFV, 1/2000) kom i 1960 til Universitetet i Bergen som dosent i anvendt matematikk med et faglig renommé som allerede var godt etablert under studietiden ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo; fire bifag pluss hovedfag på tre år, to års studieopphold i USA og Tyskland før han ble kreert dr.philos. i 1960.

Selv om doktoravhandlingens tema, ikke-lineær akustikk, skulle vise seg å bli innledningen til en livslang vitenskapelig karrière på et internasjonalt toppnivå, var Tjøtta også engasjert i det nye forskningsfeltet plasmafysikk og fusjonsforskning, som var i rask utvikling på denne tiden. Tjøttas posisjon og faglige tyngde var en sterkt medvirkende årsak til at Norges teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd etablerte en aktivitet innen plasmafysikk ved Universitetet i Bergen.

Som dosent og fra 1963 som professor, ble Tjøtta hovedansvarlig for aktiviteten innen anvendt matematikk ved UiB, og hans talent som forsk-

ningsleder og instituttbygger fikk utfolde seg på en måte som skulle sette varige spor i den matematisk orienterte forskning i Norge. Forholdene på begynnelsen av 60-tallet, med betydelig offentlig satsing på forskning, lå vel til rette for å utvikle ny faglig virksomhet innen et universitetsmiljø. I ettertid kan man lett se i hvor stor grad Tjøtta var rett person på rett sted til rett tid. Ikke minst var hans kombinasjon av evne til presis situasjonsanalyse, strategisk planlegging og – ikke minst – "jærbuersk" besluttsomhet, viktige forutsetninger for etableringen av anvendt matematikk som en nyskapning innen det norske faglige miljø.

Hans lederevner førte også til tunge administrative oppgaver, som ordfører for NAVFs fagråd for matematikk og naturvitenskap i to perioder (1971–1975) og som dekanus ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet, UiB (1975–1977).

Etter at den administrative periode var avsluttet, ble Tjøttas karrière igjen fokusert på forskning og utdanning, og han er utvilsomt tilfreds med at den offisielle begrunnelse for ordenstildelingen først og fremst framhever hans faglige innsats. Sammen med sin ektefelle Jaqueline Naze Tjøtta, markerte de seg på den internasjonale vitenskapelige arena som radarparet "Tjøtta^2" med sentrale bidrag innen ikke-lineær akustikk.

I en tid da universitetene kan gi inntrykk av å være mer opptatt av at deres professorer skal opptre som "gründere" framfor å flytte erkjennelsens grenser, er det interessant å merke seg noen ringvirkninger av grunnforskeren Tjøttas vitenskapelige virksomhet. Ikke-lineære studier av såkalte "parametriske akustiske antenner" var en viktig årsak til den store interessen for ikke-lineær akustikk i 60- og 70-årene. I den sammenheng bidro "Tjøtta^2" vesentlig til forståelsen av parametriske akustiske antenner, særlig ved studiet av den parabolske approksimasjon av den ikke-lineære bølgeligningen (KZK-ligningen). Dette arbeidet førte fram til en numerisk løsningsmetode som er i bruk verden over under navnet "The Bergen Code". Anvendelsesområdet for denne "code" spenner vidt; i Norge har den vært brukt til studier innen grunnseismikk (med bruk av parametriske antenner) og medisinsk ultralyd (i forbindelse med bruk av kontrastmidler og harmonisk avbildning); i Frankrike og England har koden og varianter av den vært benyttet ved medisinske anvendelser for forbedring av instrumenter for nyrestens- og gallestensknusing gjennom studier av sjokkbølger i sterkt fokuserte lydfelt; i England blir koden benyttet og videreutviklet for studier i forbindelse med ultralydoppvarming av vev for behandling av leverkreft, og for harmonisk avbildning.

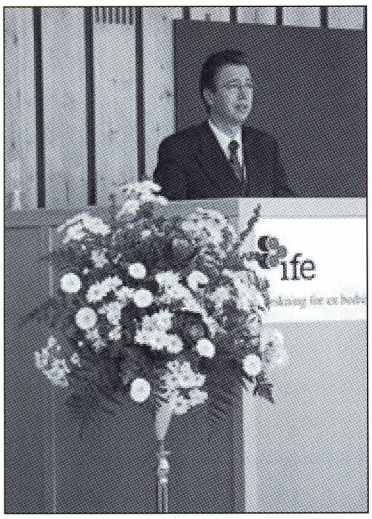
Tjøttas visjon for etableringen av faget anvendt matematikk ved UiB, var todelt: å gi det matematiske grunnlag for studier i naturvitenskapelige og teknologiske fag; og å utdanne kandidater med kompetanse og motivasjon for å arbeide med matematisk modellering innen andre fagområder. Dette representerte et framtidsrettet og viktig utdanningsmessig bidrag som stilte store krav til det matematiske universitetsmiljø. At strategien var vellykket bekreftes av de ca. 260 hovedfagskandidater og 60 doktorgradskandidater som, siden den spede begynnelse i 1960-årene, er uteksaminert innen anvendt matematikk ved UiB. I denne sammenheng ble det teoretisk/eksperimentelle akustikkmiljø som var etablert ved UiB en leverandør av topp kvalifiserte personer til den rekke av akustikkbaserte firmaer som ble etablert i Norge fra 1970-årene og utover, innen bl.a. undervannsakustikk, olje- og gassmåling, prosessmonitorering, seismikk og medisinsk ultralyd.

Sigve Tjøtta er internasjonalt anerkjent som en av de fremste pionérene innen ikke-lineær akustikk, noe som bekreftes av to tidligere prestisjefylte æresbevisninger: en pris fra Det Franske Vitenskapsakademi sammen med Jaqueline Naze Tjøtta for arbeider innen undervannsakustikk, samt en "Citation" og valg til Fellow of The Acoustical Society of America. Sigve Tjøtta er også medlem av Det Norske Videnskaps-Akademi.

Kristian Dysthe
Halvor Hobæk
Øivin Holter

∞

Randersprisen til Thomas W. Ebbesen



Professor Thomas W. Ebbesen fra Pasteur-universitetet i Strasbourg, har fått *Gunnar Randers' forskningspris.* Han ble tildelt prisen av HM kong Harald på Institutt for energiteknikks 50-årsjubileum for Norges første atomreaktor, 5. desember.

Thomas W. Ebbesen fikk prisen for arbeider av meget høy kvalitet innenfor forskning på nye karbonmaterialer, og nye optiske fenomen, som å sende lys gjennom små hull med diameter mindre enn bølgelengden for lyset, det såkalte "gå igjennom nøkkelhullet i en dør"-prinsippet. Prisen er på 100 000 kr, og gis for arbeider av usedvanlig kvalitet innenfor kondenserte fasers fysikk som har ført til ny grunnleggende kunnskap, innovasjon eller teknologiske gjennombrudd; og det kan man i høyeste grad si om professor Thomas W. Ebbesens forskning.

Thomas Ebbesen er norsk, født i Oslo i 1954, og utdannet i fysikalsk kjemi. Han tok mesteparten av sin utdannelse i Frankrike og USA, og fikk sin bachelor-grad fra Oberlin College, Ohio, og PhD fra Curie-universitetet i Paris. De siste tyve årene har han vært forsker både i offentlige og private institusjoner, hovedsakelig i USA og Japan, før han returnerte til Frankrike i 1999 for å bygge opp et nytt laboratorium ved Pasteur-universitetet i Strasbourg, der han nå er professor. Han har publisert over 120 vitenskapelige artikler, herunder 17 i Nature og Science. Han innehar også mange patenter. Innvirkningen av hans arbeider er åpenbar utfra de mange siteringene han har fått, tallrike invitasjoner til konferanser, og kommentarer og artikler som har vært skrevet om ham i aviser og tidsskrifter over hele verden, herunder the New York Times, Herald Tribune, the Economist, New Delhi Times og Le Monde. I 1994 valgte en av de største dagsavisene i Japan, Nikkei, å skrive om ham i spalten "Mann i ledelsen" for hans pionerarbeid i forskning.

Ebbesen begynte sin vitenskapelige karriere med å arbeide med solenergi knyttet til fotofysisk kjemi. Da han kom til NEC Fundamental Research Laboratory (Tsukuba, Japan) i 1988, ble han meget aktiv innen feltet 'nye typer karbon-materialer' som karbon seksti (C60) og karbon-nanorør. I 1992 delte han *The NEC Prize for Scientific Research* for å ha satt verdensrekord med den høyeste supraledende temperatur i et molekylært materiale ved å bruke C60. Sammen med sine medarbeidere oppdaget han også hvordan en kunne produsere større mengder karbon-nanorør (1992) og lovene som på atomært nivå bestemmer bøying og folding av grafittflater (1994). Etter det målte de mange unike egenskaper til karbon-nanorør og utviklet nye og uvanlige teknikker til dette formålet. I 1996 demonstrerte de at karbon-nanorør er det sterkeste materiale vi kjenner. Ebbesen er blitt tildelt den prestisjetunge *Agilent Europhysics Prize* i 2001 sammen med S. Iijima (Japan), C. Dekker (Holland) og P. McEuen (USA), for sitt omfattende pionerarbeid og bidrag til karbon-nanorør-feltet.

Parallelt med sin forskning på nye karbonmaterialer, oppdaget Ebbesen også nye optiske fenomen mens han arbeidet ved NEC. I motsetning til kjent teori, har han funnet at det under visse betingelser var mulig å sende lys effektivt gjennom små hull med diameter mindre enn bølgelengden for lyset. Det var få som trodde på hans oppdagelser ettersom det var omtrent som å fortelle folk at de ville være i stand til å presse seg igjennom nøkkelhullet i en dør. Det skulle ta åtte år før dette fenomenet var forstått, og da han til slutt publiserte sitt arbeid i 1998, overrasket dette det vitenskapelige samfunn. Etter det har mange forskningsgrupper rundt omkring i verden begynt å arbeide med dette emnet da det har både fundamentale og teknologiske konsekvenser. Ebbesen har fortsatt brede vitenskapelige interesser, men hans forskningsgruppe i Strasbourg fokuserer for tiden på å kunne forstå alle implikasjonene av dette fenomenet.

Ebbesen er gift med en japansk pianistinne og har to døtre.

Arne T. Skjeltorp

∞

In Memoriam

Ole Kristoffer Gjötterud (1931–2001)

Vår gode venn og kollega Ole Kristoffer Gjötterud døde 30. desember, $70\frac{1}{2}$ år gammel, etter en tapper og langvarig kamp mot sin kreftsykdom.

Det er vanskelig å tenke seg Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo uten Kristoffer – som vi kalte ham. Her tilbrakte han det meste av sitt yrkesaktive liv. Etter sin cand.real.-eksamen i kjernefysikk i 1958, reiste han med stipend til Nordisk Institut for Teoretisk Atomfysik (NORDITA) i København, der en rekke av tidens fremste fysikere oppholdt seg. Hans møte med Niels Bohr kom til å få stor betydning for ham. Det var særlig Niels Bohrs tanker om fysikk og virkelighetsforståelse som engasjerte ham. Dette var spørsmål som hadde opptatt Kristoffer helt fra gymnastiden og som vel var den vesentlige årsaken til at han i sin tid tok fatt på realfagsstudiet.

I 1961 kom Kristoffer tilbake til Universitetet i Oslo, der han kom til å virke som en "magnet" på studentene. Det hadde flere årsaker. Han var en dyktig og inspirerende foreleser som maktet å sette faget inn i en bredere sammenheng, ikke minst i forhold til en naturvitenskapelig virkelighetsforståelse, der inspirasjonen fra Niels Bohrs Københavnerskole var tydelig. Han hadde humor og slagferdighet. Og ikke minst hadde han omsorg for sine studenters ve og vel. Dette var egenskaper han fikk god bruk for da han ble tilsatt som undervisningsleder for hovedfagsstudiet i 1989.

Kristoffers faglige bredde viste seg også innen hans forskningsarbeid. Etter en hovedfagsoppgave innen eksperimentell kjernefysikk, forsatte han med teoretisk kjernefysikk, men ofte i nært samarbeid med eksperimentalfysikere. Han publiserte også arbeider sammen med kjernekjemikere. Overfor teoretiske fysikere poengterte han alltid at fysikken er en eksperimentell vitenskap, og overfor eksperimentalfysikerne understreket han den teoretiske fysikkens krav til stringens. Gjennom alle år arbeidet han også med fysikkens grunnlagsproblemer og publiserte flere vitenskapelige arbeider på dette området.

Kristoffer Gjötterud var en lidenskapelig formidler av sitt fag og holdt utallige foredrag i fysiker- og filosofmiljøer, på videregående skoler og i radio. Bare i løpet av en 5-årsperiode på 1990-tallet, kom det over 90 slike bidrag fra ham. I flere foredrag og populære artikler tok han opp forholdet mellom naturvitenskap og kristen tro.

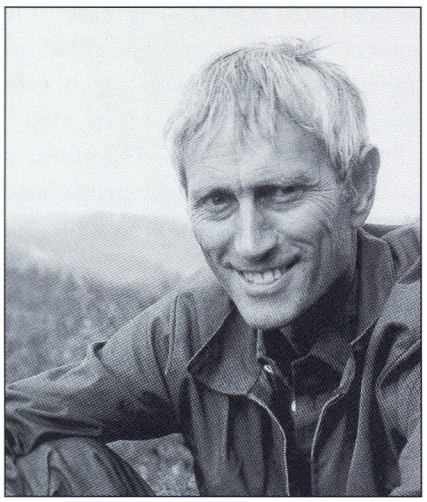
Kristoffers innsats for menneskerettigheter er viden kjent. Hele livet var han opptatt med å hjelpe mennesker som var oversett eller rammet av urettferdighet. Fra 1970-årene engasjerte han seg for å bedre kårene til jødene i Sovjetunionen, spesielt de såkalte "refusniks", vitenskapsfolk som fikk sine søknader om visum til Israel avslått og mistet sine stillinger. Han var også opptatt av å hjelpe kosovoalbanske flyktninger og var i den forbindelse en sterk kritiker av Utlendingsdirektoratet. Han var i en periode medlem av Den norske Helsingforskomiteen og av PEN-klubben og var ofte brukt som foredragsholder på internasjonale menneskerettighetskonferanser. Kristoffer Gjötterud fikk flere priser for sin innsats for mennskerettigheter: Ben Adam-prisen i 1988, Lisl og Leo Eitingers Toleransepris i 1990 og Herman Kahns Dialogpris i 1998.

Mange har mistet mye ved Kristoffer Gjötteruds bortgang. Men han ga oss også mye – ikke minst et utvidet perspektiv på vårt fag og vår hverdag. Og så utfordret han oss på at vi har et ansvar for å hjelpe kolleger og andre mennesker som lider urett. Vi minnes ham med dyp respekt og i stor takknemlighet.

Torgeir Engeland,
Trygve Holtebekk
Finn Ingebretsen
Eivind Osnes

∞

Magne Kringlebotn (1933–2002)



Førsteamanuensis Magne Kringlebotn ved NTNU døde 19. januar, 68 år gammel. Som litt eldre student ble jeg kjent med ham alt i 1953 da han kom fra Risør til studiet i teknisk fysikk på NTH, den gang da vi var så få i studiet at "alle kjente alle". For diplomen i 1957 satte Magne sammen en enkel apparatur og gjorde antakelig den første observasjonen av kjernemagnetisk resonans i Norge. Nå er avansert NMR-spektroskopi og MR-avbildning svært viktige analysemetoder i kjemi og medisin. Etter noen år som assistent ved NTH og som stipendiat i Stockholm, ble Kringlebotn instituttingeniør i eksperimentalfysikk i 1963, og han tok graden dr.ing. i 1966.

På Institutt for fysikk ved NTH/NTNU har han undervist og forsket i over 40 år, med noen permisjoner som styrer av Institutt for akustikk og som forsker i SINTEF. Han har gjort en stor innsats i undervisningen og skrevet mange forelesningsnotater og laboratorieinstruksjoner. Men særlig var Magne interessert i akustikk, hørselsfysikk og utvikling av hjelpemidler for hørselskadde, og han har brukt avanserte metoder så som Mössbauereffekt, til å studere mekanikken og vibrasjonene i menneskeører. Han var en grundig forsker som gikk sine egne veier i ønsket om å forstå fenomenene til bunns. Det har ført til en serie vitenskapelige publikasjoner og rapporter, og han sto på i fysikk helt til det siste da han var blitt sjuk. Magne Kringlebotn har vært en verdifull medarbeider ved Institutt for fysikk og en god kollega.

Utenfor faget har Magne vært svært aktiv i den katolske kirken, og jeg minnes også med glede våre skiturer i Sylene og molteturer til den gamle setra hans ovenfor Støren.

Våre tanker går til kona Frøydis og familien. Sønnen Jon Thomas fører fysikken videre. Han har også gått på teknisk fysikk og er dr.ing., og han fikk Simrad Optronics pris i Norsk Fysisk Selskap i 1999.

Ivar Svare

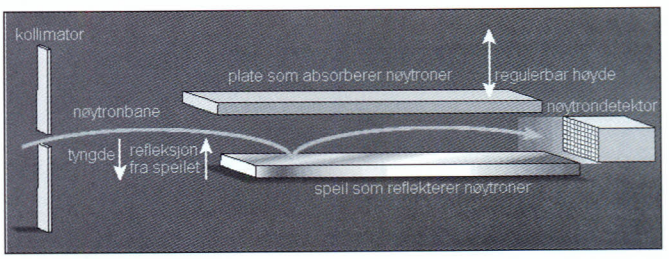
∞

Fysikknytt

Gravitasjonell kvanteeffekt er observert

For første gang er virkningen av kvantiserte energinivåer i en gravitasjonell potensialbrønn observert. I Nature 17. januar i år, rapporterte V.V. Nesvizhevsky og medarbeidere om et eksperiment der de har observert gravitasjonelle kvantevirkninger på oppførselen til ultrakalde nøytroner (UKN).

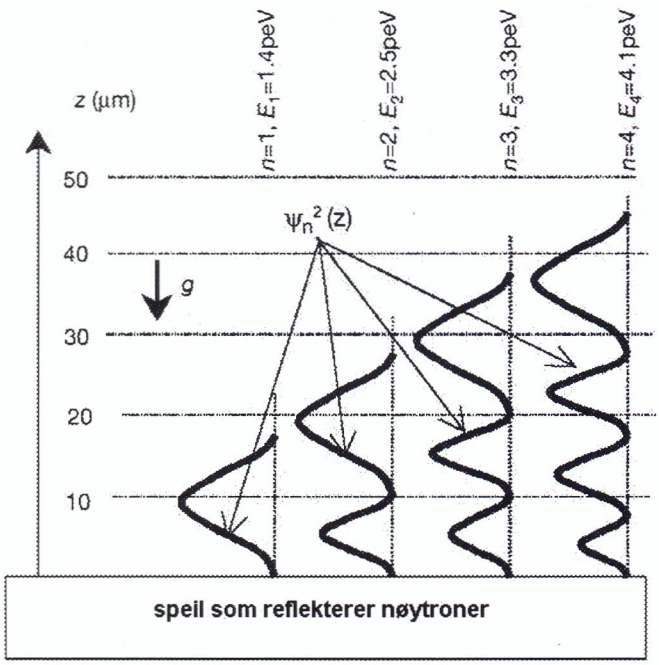
Eksperimentet gikk ut på å vise at det eksisterer kvantenivåer for partikler som er fanget i jordas gravitasjonsfelt. Gravitasjonsfeltet alene kan ikke danne en potensialbrønn med endelig dybde. Uten en vegg som hindrer en fallende partikkel i å fortsette sin bevegelse nedover, vil partikkelen havne i et svart hull. Nesvizhevsky lot derfor en stråle av UKN bevege seg over et speil som reflekterte dem, som vist i figur 1.



Figur 1. Prinsippskisse av den eksperimentelle oppstillingen til Nesvizhevsky og medarbeidere. Til venstre er en kollimator som styrer en stråle av ultrakalde nøytroner inn mellom to horisontale plater. Den nederste er et speil som reflekterer nøytroner, og den øverste absorberer nøytroner. Avstanden mellom platene kan reguleres. Til høyre er en nøytrondetektor.

La oss betrakte et nøytron som løftes noen millimeter og slippes slik at det faller ned på speilet. Kvantemekanisk beskrives nøytronet ved en bølgefunksjon. Nøytronbølgen reflekteres av speilet. Dermed vil reflekterte og innfallende bølger interferere og danne stående bølger slik som for en partikkel i en lukket boks. Sannsynligheten for å finne nøytroner i en gitt høyde vil da ha maksima og minima i vertikalretningen med posisjoner som avhenger av kvantetallene til de bundne tilstandene.

I motsetning til partikkel-i-boks, er posisjonene til sannsynlighetsmaksimaene ikke symmetriske om endeflatene i det gravitasjonelle tilfellet. Nederst er det en skarp grense som nøytronene møter når de treffer speilet. Men den øvre grensen for nøytronene som passerer mellom platene og treffer detektoren, utgjøres av gravitasjonsfeltet og er "mykere". Når man beregner bølgefunksjonen til nøytronene blir resultatet, som vist i figur 2.



Figur 2. Kvadratet av bølgefunksjonene $\Psi_n(z)$ til nøytronenes kvantetilstander i potensialbrønnen dannet av jordas gravitasjonsfelt og det horisontale speilet i figur 1. Sannsynligheten for å finne nøytroner i en høyde z som svarer til den n'te kvantetilstanden, er proporsjonal med $\Psi_n^2(z)$. E_n er energien i den n'te kvantetilstanden (1 peV = 10^{-15} eV). Tallene $z(\mu m)$ gir høyden nøytronene må løftes til for å få en økning i potensiell energi lik kvanteenergien, $E_n = mgz_n$, der m er massen til et nøytron og g er tyngdens akselerasjon.

Energien E_1 til det første kvantenivået svarer i den klassiske tilnærmingen til høyden $z_1 = 15\,\mu$m. Når avstanden mellom platene økes fra en avstand $z < z_1$, vil det ifølge kvanteteorien først ikke detekteres noen nøytroner, men idet avstanden passerer $z = z_1$, registreres de første nøytronene. Videre skulle man observere sprang i antall detekterte nøytroner hver gang avstanden passerer en verdi z_n.

I et realistisk eksperiment er det ikke mulig bare å løfte nøytroner, slippe dem, og så måle tetthetsfordelingen som funksjon av høyden. Det som ble gjort, var å sende en stråle av nøytroner nesten horisontalt mellom to plater, som vist i figur 1. Ved å sørge for at nøytronene kun ble påvirket av tyngden og speilet, kunne bevegelsen separeres i uavhengige horisontale og vertikale komponenter, slik vi er vant til i beskrivelsen av skrått kast. Den horisontale hastighetskomponenten er konstant.

For å finne ut hvor langt speil man måtte bruke, benyttet man Heisenbergs usikkerhetsprinsipp. Det minste tidsintervallet Δt som skal til for å kunne måle energien med en nøyaktighet ΔE, er gitt ved $\Delta t = \hbar/\Delta E$. Med $E_1 = 1{,}41 \cdot 10^{-15}$ eV, fås $\Delta t = 0{,}5$ ms. I eksperimentet ble det brukt UKN med hastighet 10 m/s, som svarer til at speilet minst måtte ha en lengde på 0,5 cm. For å oppnå en ønsket nøyaktighet, samt flate baner som gir god refleksjon når nøytronene treffer speilet, ble det brukt et speil med lengde 10 cm. Den vertikale hastigheten til nøytronene kan anslås ved å sette den kvantiserte energien E_1 lik den kinetiske energien knyttet til den vertikale hastighetskomponenten. Det gir en vertikalhastighet på 1,7 cm/s, som er mye mindre enn den horisontale hastighetskomponenten.

Nesvizhevsky og medarbeidere brukte den intense UKN-kilden ved Institut Laue–Langevin i Grenoble, i sitt eksperiment. Den vertikale hastighetskomponenten til nøytronene ble kontrollert ved hjelp av den absorberende platen over speilet. Fluksen av registrerte nøytroner ble målt som funksjon av avstanden mellom platene. De fant at ingen nøytroner ankom detektoren dersom avstanden mellom platene var mindre enn 15 μm. Ifølge klassisk mekanikk skulle nøytroner med hvilke som helst vertikale hastigheter komme frem til detektoren. At det ikke kom noen frem med praktisk talt horisontal bevegelse, kan ikke forstås ut fra klassisk teori, men det er en naturlig følge av kvanteteorien. Da avstanden mellom platene ble gjort større enn 15 μm, dukket nøytronene opp ved detektoren. Ved videre økning av avstanden, viste observasjonsdataene svake spor av trinnvis økning av nøytronfluksen, men det eneste virkelig klare spranget i fluksen var ved avstanden som svarer

til det første kvantiserte energinivået, E_1. Dette var imidlertid tilstrekkelig. Virkningen av energiens kvantisering for nøytroner fanget i et gravitasjonsfelt, er nå blitt observert.

Man har planlagt nye og mer nøyaktige eksperimenter av liknende karakter. Blant annet vil man undersøke om gravitasjonelle kvantevirkninger har betydning for gyldigheten av ekvivalensprinsippet som er en av grunnpilarene i relativitetsteorien.

Øyvind Grøn

∞

Bohrs vei fra metallenes elektronteori til atomenes struktur

Reidun Renstrøm *

Innledning

Det finnes to versjoner av historien om hvordan kvantefysikken ble til. Den ene, som fortelles i fysikklærebøkene, er en etterrasjonalisering med mange besynderlige historiske forvrengninger. Her begynner gjerne Niels Bohrs utvikling av en teori for atomstrukturen med en presentasjon av Rutherfords kjernemodell som samtiden forkastet fordi den var "strålingsustabil" og ikke kunne forklare spektrene. Disse manglene ved modellen skal Bohr straks ha grepet fatt i da han kom til Rutherford i Manchester, i mars 1912. Han løste dem ved å innføre to postulater som stred mot klassisk fysikk. Ved å anvende klassisk mekanikk og kvantisert impulsmoment, beregnet han energien til eksiterte tilstander i hydrogenatomet og frekvensene til linjene i spekteret. Resultatet stemte perfekt med Balmers formel. Det revolusjonerende var at Bohr tillot elektroner å sirkulere uten å sende ut stråling.

Den andre versjonen, basert på historiske kilder og presentert i historiografisk litteratur, forteller en annen historie. Her leser vi at Bohr ble opptatt av atomstrukturen da han fant feil i sin venn Darwins artikkel om α-absorpsjon, tre måneder etter at han kom til Rutherford. Det bekymret slett ikke Bohr at Rutherfords kjernemodell var strålingsustabil og ikke kunne forklare spektrene. Det var derimot et stort problem at modellen var mekanisk ustabil og manglet karakteristisk radius. Bohr arbeidet kun med disse problemene for atomenes laveste energitilstand helt frem til desember–januar 1912–1913. En avhandling om atomstrukturen av J. Nicholson, ledet Bohr til å vurdere muligheten for flere energitilstander med høyere energi. Bohr skrev likevel i et brev til Rutherford 31. januar 1913, at han overhodet ikke var opptatt av linjespektrenes frekvenser. 7. februar skrev han til sin venn Hevesy at avhandlingen som Rutherford snart ville få tilsendt, ville inneholde atomvolumets variasjon med valensen, eksitasjonsenergier for karakteristiske røntgenstråler, dispersjon, magnetisme og radioaktivitet. Ikke underlig at Rutherford ble overrasket da han i mars 1913 fikk Bohrs avhandling *On the Constitution of Atoms and Molecules*[1] for kommentarer og eventuell publikasjon. Den handlet nemlig om eksiterte tilstander og spektrenes frekvenser.

Hva fikk Bohr til plutselig å interessere seg for spektrene? Bohr hadde i mellomtiden møtt H.M. Hansen som gjorde ham kjent med Balmers formel. Skulle Bohr få sin teori for atomstrukturen til å stemme overens med Balmers formel, måtte han oppgi en akseptert og eksperimentelt bekreftet konsekvens av den elektromagnetiske teorien: Stråling med en gitt frekvens blir dannet av ladning som vibrerer med samme frekvens. Verken Planck eller Einstein hadde utfordret denne "sannheten".

*Høgskolen i Agder

Før historien om hvordan Bohr utviklet sin atomteori presenteres, vil vi gi en oversikt over de atommodellene som var blitt foreslått og diskutert før Bohr publiserte sin teori.

Strålingsustabile atommodeller

Etter at elektronet var blitt oppdaget i 1897,[2] ble alle tidligere atommodeller forkastet. Newtons og Maxwells forestilling om atomet som en hard og udelelig kule, stemte ikke overens med den nye erfaringen. En fremtidig modell av atomet måtte beskrive et elektrisk nøytralt og stabilt system med karakteristisk masse og størrelse, og i tillegg gjøre rede for spektrene. Få hadde mot til å ta denne utfordringen. Ladde partikler frastøter eller tiltrekker hverandre og sender ut elektromagnetisk stråling når de akselererer. Hvordan i all verden kan en samling ladde partikler da bygge opp en stabil konfigurasjon? Oppgaven forekom de fleste fysikere uløselig, og det er den også innenfor klassisk fysikk.

Thomsons modell

J.J. Thomson var den første som presenterte en modell for et atom med elektroner.[3] Egentlig videreutviklet han en modell foreslått av Lord Kelvin, der elektronene er i ro i en sfære av positiv ladning. Thomson utførte beregninger som viste at elektroner fordelt i ringer i den positive ladningen, utgjorde en stabil konfigurasjon. Verken Thomson eller Kelvin kunne forklare hvilke krefter som holdt den positive ladningen sammen; coulombkrefter kunne det ikke være. Målinger av forholdet mellom elektronets ladning og dets masse, e/m, viste at elektronets masse er mye mindre enn massen til det letteste grunnstoffet, hydrogen. Thomson antok at den positive ladningen ikke bidro til atomets masse, så selv det letteste atomet måtte inneholde tusenvis av elektroner. Denne antakelsen stemte overens med de mange linjene i atomspektrene, for det var opplagt for samtidens fysikere at hver spektrallinje svarte til et elektrons vibrasjonsfrekvens. Så man bort fra frastøtningskrefter i den positive ladningen, tilfredsstilte denne modellen kravet om stabilitet. Et resultat av Ampères arbeid er at magnetisme skyldes ladninger i bevegelse, og Thomson lot derfor elektronene bevege seg i sirkler for å gjøre rede for magnetismen. Men det følger av Maxwells elektromagnetiske teori at elektroner i akselerert bevegelse gir anledning til utstråling av energi. Elektronenes sirkelbevegelse ville derfor etter kort tid opphøre.

Thomson prøvde å løse dette problemet, men uten hell. Modellen han publiserte i 1904 var mekanisk stabil, men "strålingsustabil". I 1906 oppdaget Thomson at hans modell hadde en enda større svakhet. Beregninger av α-partiklers spredning i gasser viste at antall elektroner i et atom er av samme størrelsesorden som atomvekten. Hva utgjorde da massen, og hvordan kunne få elektroner frembringe det store antall frekvenser som spektrene viste? Thomson gjorde ingen forsøk på å løse disse problemene.

Nagaokas planetmodell

Samme år som Thomson publiserte sin modell, foreslo den japanske fysikeren H. Nagaoka en planetmodell for atomet: elektroner i sirkelbevegelse rundt en positiv kjerne.[4] Det var et essay av Maxwell fra 1856 om stabiliteten til Saturns ringer, som hadde inspirert Nagaoka til å utvikle modellen. Men i tillegg til strålingustabilitet på grunn av elektroner i sirkelbevegelse, var modellen mekanisk ustabil. Elektronene blir tiltrukket av den positive kjernen, men frastøtt av hverandre. Selv om elektronene hadde jevn avstand i ringer rundt kjernen, ville en liten forstyrrelse utenfra, f.eks. kollisjon med et annet atom, øyeblikkelig føre til sammenbrudd. Det stemte dårlig overens med erfaringen. Linjespektrene gjorde Nagaoka ikke forsøk på å forklare.

Rutherfords kjernemodell

I mai 1909 presenterte Geiger og Madrsen resultater fra spredningsforsøk med α-partikler gjennom platina- og gullfolie utført i Manchester under ledelse av Ernest Rutherford.[5] Noen få α-partikler fikk sin bane avbøyd med en vinkel $> 90°$. En positiv ladning fordelt over hele atomet kunne umulig frembringe et elektrisk felt sterkt nok til å sørge for så store spredningsvinkler. Selv om resultatet var overraskende, fikk artikkelen liten oppmerksomhet. Ingen andre laboratorier utførte forsøket, og fra teoretikerne kom det ingen nye modeller. Det ble Rutherford som påtok seg teoretikerens rolle og forklarte de store spredningsvinklene. I en artikkel i *Philosophical Magazine* i 1911,[6] forklarte han spredningsvinklene ved å gi atomet et sentrallegeme med ladning $\pm Ne$, der N er antall elektroner i atomet og e er elementærladningen. Hans ubestemthet i forhold til positiv eller negativ ladning i sentrum, viser at det ikke spiller noen rolle for α-partiklenes spredningsvinkel om kjernens ladning

er positiv eller negativ. Senere omtalte han likevel kjernen som positivt ladet. Det var ingen planetmodell Rutherford presenterte. Han beskjeftiget seg utelukkende med spredningsvinkler, og i de beregningene spiller elektronfordelingen ingen rolle. Han behandlet elektronene som jevnt fordelt i atomet, som Thomsens positive ladning. Først i boken *Radioaktive stoffer og deres stråling* som kom ut i slutten av 1913, lar han elektronene kretse omkring kjernen. Rutherford kjente Nagaokas modell og dens problemer med stabilitet. Nagaoka var på besøk hos Rutherford da spredningsforsøkene ble utført, og de har helt sikkert diskutert disse problemene.

Beregningene av α-partiklers spredningsvinkler ut fra kjernemodellen, stemte overens med de eksperimentelle resultatene. Likevel gjorde Rutherford lite for å gjøre sin modell kjent. Hans artikkel fikk liten oppmerksomhet, kun en kort notis i tidsskriftet *Nature*. På den første Solvaykonferansen, høsten 1911, nevnte ikke Rutherford kjernemodellen i det hele tatt, selv om andre atommodeller ble diskutert.

Nicholsons kvantiserte planetmodell

I en avhandling om atomstrukturen fra juni 1912,[7] benyttet John Nicholson fra Cambridge kvanteteori på en overraskende måte. Modellen likner Nagaokas: elektroner i sirkelbevegelse rundt en positiv ladning. Nicholson studerte atomtilstander med høy energi og forklarte stråling fra atomene ut fra en idé om at elektronene vibrerte samtidig som de sirkulerte rundt kjernen. Han tolket disse vibrasjonsfrekvensene som svarende til spektrenes. Modellen kunne gjøre rede for noen linjer i et stjernespekter. Videre kom han til at elektronenes impulsmoment var kvantisert. Til nå hadde kvantisering vært brukt i forbindelse med energi; å kvantisere impulsmomentet medførte at radien og vinkelfrekvensen ikke endret seg kontinuerlig. Bølgelengden som ville svare til elektronenes vibrasjoner, viste seg å være gitt ved tredje potens av elektronenes impulsmoment, og dermed var også spektrenes frekvenser kvantisert og deres adskilte frekvenser forklart.

Niels Bohr entrer scenen

I mai 1911 forsvarte Niels Bohr sin doktoravhandling *Studier over metallernes elektrontheori.* Avhandlingen var først og fremst en kritisk analyse av andres artikler, og han fant feil i arbeidene til blant andre Thomson og Poincare. Bohr sendte kopier til ledende fysikere i Europa. Noen svarte ikke, antakelig fordi de ikke forsto dansk. En mislykket engelsk oversettelse av en venn som ikke forsto fysikk, gav avhandlingen et uvanlig fysikkspråk.

Bohr og Thomson

I september reiste Bohr til Cambridge for å arbeide som "post-doc" hos den ledende spesialisten på elektronteori, J.J. Thomson. Thomson var kjent som en fremragende inspirator og veileder for sine studenter. Han var teoretiker, men ledet verdens førende senter for eksperimentell fysikkforskning. Det fortelles at hans omgang med eksperimentell apparatur var klønete og uvøren; flere ganger var han årsak til uhell på laboratoriet. Studentene varslet hverandre når Thomson var på vei inn i laboratoriet for å veilede dem: "Gjem unna fintfølende apparatur og nylig fremkalte filmer!" Men hvis apparater av uforklarlige årsaker sluttet å fungere, og ingen visste råd, ble Thomson tilkalt. Etter å ha studert apparatet, gikk han bort til sitt arbeidsbord i hjørnet, regnet og tegnet, gjerne på baksiden av en konvolutt, og kom tilbake med en skisse som viste feilen og hvordan den kunne rettes. Studentene elsket ham for denne evnen.

Bohr hadde sett frem til å diskutere spørsmål vedrørende elektronteorien med Thomson, og ikke minst gjøre ham oppmerksom på feilene i hans arbeid. Men Thomson var opptatt med andre spørsmål; han hadde mistet interessen for elektronteorien og var ikke interessert i å høre den entusiastiske studentens bemerkninger og kommentarer. I tillegg kom at Bohr snakket svært dårlig engelsk. Avhandlingen var skrevet på et elendig engelsk, og Thomson var ikke innstilt på den praksis som Bohr allerede hadde utviklet, å forfine ideer og argumenter gjennom lange konversasjoner. Bohr var skuffet over ikke å få Thomson engasjert i en diskusjon om sin avhandling. *Cambridge Philosophical Society* avslo å publisere den, i hvert fall uten forkortelser. Det lyktes aldri Bohr å få sin doktoravhandling publisert i et tidsskrift, og den fikk først en god engelsk oversettelse etter hans død.

Bohr, Rutherford og Darwin

I mars 1912 reiste Bohr til Manchester for å studere hos Rutherford. Det var ikke uvanlig at en utenlandsstudent med stipend søkte utdannelse ved

flere enn ett laboratorium. Manchester var verdens førende senter for eksperimentell forskning på radioaktivitet. Det var Bohrs interesse for radioaktivitet som førte ham til Rutherford. Bohr kjente til Rutherfords kjernemodell, men var ikke opptatt av atomstrukturen eller problemer knyttet til modellen. Han ble satt til eksperimentell forskning på radioaktivitet og ble ferdig med de obligatoriske arbeidene 1. mai. Deretter gikk han i gang med selvbestemte teoretiske oppgaver. Stadig lå elektronteorien ham på sinnet, og han håpet å få avhandlingen publisert. I et brev til sin bror, Harald,[8] skrev han 28. mai 1912: ... *jeg har slet ingen her, der virkelig interesserer seg for saadan noget* ... Det tyder på at han heller ikke i Manchester hadde noen å diskutere elektronteorien med. Helt siden 1909 hadde elektronteorien vært hans forskningsprogram, det var der hans store ideer var. Men så skjer det noe som får ham til å legge problemene med elektronteorien på hylla. Det første tegnet på en forandring, finner vi i et brev til Harald, sendt 12. juni:[9] *Det gaar mig ikke saa helt daarligt i Øjeblikket, jeg havde for et Par Dage siden en lille Ide med Hensyn til Forstaaelsen af Absorption af α-straaler (det gik til paa den Maade, at en ung Matematiker, C.G. Darwin (Sønnesøn av den rigtige Darwin) lige har offentliggjort en Theori om dette spørgsmaal, og jeg syntes, at den ikke alene ikke var helt rigtig i det mer matematiske (det var dog kun temmelig lidt) men noget utilfredsstillende i Grundopfattelsen), og har udarbejdet en lille Theori derom, der selv om den er meget lille, maaske dog kan kaste lidt Lys over nogle ting med hensyn til Atomernes Bygning. Jeg tænker meget snart at offentliggøre en lille Afhandling derom ... Rutherford har i de sidste Aar udarbejdet en Theori om Atomers Bygning, som synes at være helt anderledes solidt begrundet end hvad man tidligere har haft* ...

C.G. Darwin beregnet α-partiklers fartstap ved passering gjennom tynne metallplater på basis av Rutherfords kjernemodell. Han betraktet elektronene som frie partikler i den korte tiden støtet varte; bindingen til kjernen så han bort fra. Resultatene av hans beregninger stemte godt overens med observerte kurver.

Da Bohr tilfeldig kom over Darwins artikkel, ble han straks interessert. Passering av ladde partikler gjennom stoff var et problem nært beslektet med sentrale sider i elektronteorien. Han innså med det samme at Darwins antakelse om å se bort fra elektronenes binding til kjernen, førte galt av sted. Bohr utførte nye beregninger med elektronene elastisk bundet til kjernen, og resultatet var bedre enn Darwins. Det viktigste var likevel ikke forbedrede resultater, men at Bohr innførte kvanteteori i atomet. Han kvantiserte vibrasjonsenergien til elektronene på samme måte som Planck hadde kvantisert energien til de elektriske oscillatorene. Artikkelen om dette emnet var ikke ferdig da Bohr dro hjem, men ble fullført og levert Rutherford høsten 1912.

Denne begivenheten, møtet med Darwin og hans arbeid med α-partiklers energitap, inspirerte Bohr til å ta fatt på problemer knyttet til atomets struktur. I et brev til Harald 19. juni, forteller Bohr om atomer med samme engasjement som tidligere har vært reservert elektronteorien. Men Rutherford var ikke innstilt på å trekke konsekvenser av sin modell. Dessuten var han travelt opptatt med å skrive en lærebok der han gav en annen forklaring på radioaktivitetens årsak enn den Bohr hadde. Brevet til Harald 17. juli,[10] gir oss et klart inntrykk av en optimistisk, men travel Bohr: *Det gaar mig temmelig godt, for jeg tror jo, at jeg har fundet ud af nogle fosrkellige Ting; men det er rigtignok ikke gaaet saa hurtig med at udarbejde dem, som jeg straks var så dum at tro. Jeg haaber at faa en lille Afhandling færdig og at vise Rutherford den førend jeg rejser, og jeg har derfor saa travlt, saa travlt* ...

I tillegg til artikkelen om α-absorpsjon, arbeidet Bohr med et notat som oppsummerte hans resultater. Han ville levere det til Rutherford før hans tid i Manchester løp ut. Notatet, som blir kalt Rutherfordnotatet,[11] fikk tittelen *On the Constitution of Atoms and Molecules.* Bohr innleder dette notatet med å slå fast at hvis ikke elektronene er i bevegelse, kan det ikke være snakk om noen likevektstilstand. Deretter undersøker han hvilke betingelser som må være oppfylt for at en ring med n elektroner rundt en kjerne med positiv ladning ne, kan danne et stabilt system. Bohr skriver: ... *det kan meget enkelt vises, at en sådan ring ikke besidder nogen simpel stabilitet i sædvanlig mekanisk forstand ... og stabilitetsproblemet må derfor behandles fra et helt andet synspunkt.* Videre skriver han at kjernemodellen ikke gir anledning til å beregne atomets radius. Elektronene kan rotere med alle mulige frekvenser rundt kjernen, og hver frekvens svarer til en bestemt radius.

Bohr valgte å innføre en betingelse for den stabile, normale tilstanden (grunntilstanden): Et elektrons kinetiske energi W i en stabil tilstand er gitt ved elektronets vinkelfrekvens ν multiplisert med en konstant K:

$$W = \frac{1}{2}m\nu^2 = K\nu$$

Lærebøkene i fysikk forteller at Bohr straks var opptatt av kjernemodellens strålingsproblem og manglende evne til å forklare spektrene. Det stemmer ikke. Betingelsen ovenfor, og ordinær mekanikk anvendt på elektroner i en ring rundt kjernen, gav Bohr at atomets radius r, elektronenes vinkelfrekvens ν og energi W, kunne uttrykkes ved K. Bohr gir her ingen sammenheng mellom K og Plancks konstant h, og bringer verken eksiterte tilstander eller spektrene inn i bildet. Rutherford-notatet ble først utgitt etter at Bohr var død.

Bohr i København

24. juli reiste Bohr hjem til København og giftet seg med sin forlovede Margrethe, 1. august. De nygiftes bryllupsreise gikk til England, ikke til Norge som først planlagt. I Cambridge gjorde Bohr ferdig sin avhandling om α-partiklers fartstap, og i Manchester leverte han den til Rutherford for kommentarer før utgivelse. Paret var tilbake i København i begynnelsen av september.

Høsten 1912 arbeidet Bohr som assistent for Martin Knudsen ved universitetet i København. Arbeidet var så tidkrevende at det ikke ble tid til å arbeide videre med ideene presentert i Rutherford-notatet. Han skriver:[12] *Jeg hadde meget å gjøre, da jeg i en kort periode blev Knudsens assistent ... og hele dagen arbejdede jeg med gassers friksjon ved meget lave trykk ... Og det tok tid, forstår I ... Så jeg tok op til Knudsen og sagde, at jeg helst ville være fri, forstår I ... Jeg tok på landet med min kone, og vi skrev en meget lang artikel om disse forskjellige ting.*

4. november skriver Bohr til Rutherford[13] at han har gjort fremgang, men at han dessverre har løpt inn i store vanskeligheter på grunn av systemets mekaniske ustabilitet (han er fortsatt ikke opptatt av strålingsustabilitet) og kan derfor ikke utføre beregninger i den utstrekning han ønsket. Men Bohr er optimistisk og avslutter med å si at han håper å ha avhandlingen ferdig om et par uker. Rutherford svarte 11. november:[14] *Don't hurry, I do not think anyone is likely to be working on that subject.*

31. januar får Rutherford et nytt brev.[15] Bohr har studert Nicholsons avhandlinger om atomstrukturen og blitt ledet til å overveie muligheten av flere stasjonære energitilstander med kinetisk energi $W = \tau K\nu$, der τ er et naturlig tall og ν elektronets vinkelfrekvens. For å få samsvar med Nicholsons resultater, måtte han sette $K = h/2$, der h er Plancks konstant. Bohr understreker likevel i samme brev at han ikke er opptatt av spektrenes frekvenser: *I do not at all deal with the question of calculation of the frequencies corresponding to the lines in the visible spectrum. I have only tried, on the basis of the simple hypothesis, which I used from the beginning, to discuss the constitution of the atoms and the molecules in their "permanent" state* ... Og 7. februar forteller Bohr i brev til sin venn George Hevesy, at hans avhandling vil handle om atomvolumets avhengighet av valensen, dispersjon, magnetisme, radioaktivitet og eksitasjonsverdier karakteristisk for røntgenstråler. Han gjentar i brevet at kjernemodellens hovedproblem er mekanisk ustabilitet og manglende karakteristisk radius.

Sentralt i Bohrs forståelse av emisjon var at atomet først måtte være ionisert. Det var under reorganisering av atomet, når elektronene igjen falt på plass, at de underveis var i eksiterte tilstander og kunne vibrere. Disse vibrasjonsfrekvensene svarte til spektrenes frekvenser.

Balmers formel tvinger Bohr til å skille strålingens frekvenser fra elektronenes

Noen dager etter at brevet til Hevesy var sendt, kom en tidligere studievenn, H.M. Hansen, på besøk. Bohr, som var blitt interessert i eksiterte tilstander og beregnet vibrasjonsfrekvenser til elektroner i eksiterte tilstander, ville høre hva Hansen, som var ekspert på området, mente. Hansen svarte med å spørre om hans beregninger stemte overens med Balmers formel. Bohr kjente ikke til formelen som gir frekvensen for linjene i hydrogenspekteret, men svarte at han ville se etter. Balmers formel kan skrives som:

$$\nu = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$$

der ν er en linjes frekvens, $R = 3,29025 \cdot 10^{15}$ s^{-1} kalles Rydbergs konstant, og n er et helt tall > 2.

Bohrs tidligere beregninger på grunnlag av hypotesen $W = K\nu$, gav at hydrogenelektonets vinkelfrekvens er omvendt proporsjonal med tredje potens av K, en relasjon som vanskelig kunne forenes med Balmers formel for strålingsfrekvensen. Derimot opptrer K, med samme potens som n i Balmers formel, i energiuttrykket for elektronet:

$$W = \frac{\pi^2 me^4}{2K^2}$$

Ved å sette $K = \tau h/2$ inn i uttrykket, og anvende Plancks sammenheng mellom energi og strålingsfrekvens, $E = h\nu$, ville Bohr få Rydbergs konstant med en nøyaktighet på 7 %. Bohr kunne nå "utlede" Balmers formel ved å dividere differansen mellom to energinivåer med h.

Hvis det faktisk var slik Bohr resonnerte da han så Balmers formel, er det ikke så underlig at han flere ganger senere uttrykte at straks han så Balmers formel, sto alt klart for ham. Frekvensen til linjene i spekteret tolker Bohr som energidifferansen mellom to tilstander dividert med Plancks konstant, h. Et elektrons overgang fra en energitilstand til en annen, vil forårsake stråling med frekvens som ikke er lik elekronets frekvens i noen av tilstandene. Endelig, og for første gang, er strålingens frekvens skilt fra mekaniske frekvenser i atomet. Det hadde verken Planck eller Einstein gjort. Plancks elektriske oscillatorer svinger med samme frekvens som emittert og absorbert stråling, i overensstemmelse med Maxwells teori. Å skille strålingens frekvens fra elektronenes frekvenser i atomet, var det mest originale og dramatiske i Bohrs atomteori.

Bohrs "utledninger" av Balmers formel

Bohr måtte begrunne sitt valg $K = h/2$, ellers ville det hele minne om en genial lek med tall og formler. Her vil vi se på to forsøk som presenteres i første del av *On the Constitution of Atoms and Molecules* som Rutherford fikk i mars, og som ble publisert i *Philosophical Magazine* i juli 1913. Del 2 og 3 ble publisert i september og november samme år.

Bohr innleder med å betrakte et elektron med ladning $-e$ og masse m i en elliptisk bane rundt en kjerne med ladning Ze. Ellipsens store akse er $2a$, og elektronets vinkelfrekvens ω er da gitt ved:

$$\omega = \sqrt{\frac{2}{m}}\frac{W^{\frac{3}{2}}}{\pi e Ze}, \quad 2a = \frac{eZe}{W}$$

For hydrogenatomet er $Z = 1$. Her er ω valgt for elektronets frekvens, for ikke å forveksle med strålingens frekvens.

Deretter, og for første gang, tar Bohr opp problemet modellen har på grunn av elektronenes akselererte bevegelse. Han sier at det er sentralt i Maxwells teori at ladde partikler i akselerert bevegelse sender ut kontinuerlig elektromagnetisk stråling. Likevel, ifølge Plancks lov, sender en atomvibrator med energi $\tau h\nu$ ut τ diskrete strålingskvanter med frekvens ν. Han konkluderer med at dette tyder på at Maxwells teori ikke gjelder i et atomært system.

Bohr utleder energien til en tilstand τ, ikke ved å anvende kvantisert impulsmoment og klassisk mekanikk, men ved å betrakte en prosess der et fritt elektron blir bundet til en kjerne og tar plass i tilstanden τ. Han antar at strålingsfrekvensen ν er halvparten av elektronets vinkelfrekvens ω_τ i tilstanden τ. Energien til tilstanden τ settes lik energien til utsendt stråling, $E = \tau h\nu$:

$$W_\tau = \tau h(\omega_\tau/2)$$

Innsatt i

$$\omega = \sqrt{\frac{2}{m}}\frac{W^{\frac{3}{2}}}{\pi e Ze}$$

gir dette:

$$W_\tau = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2\tau^2}$$

Differansen mellom to energinivåer blir:

$$W_{\tau 1} - W_{\tau 2} = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2}\left(\frac{1}{\tau_1^2} - \frac{1}{\tau_2^2}\right)$$

Senere i artikkelen kommer Bohr tilbake til denne utledningen. Han innser at den sterke analogien mellom Plancks oscillator og atomet må dempes. Ifølge Planck, vil en elektrisk oscillator med energi $E = \tau\, h\, \nu$ emittere τ energikvanter, alle med frekvens ν. Oscillatorens frekvens er uavhengig av energien, og all stråling har samme frekvens. Slik er det ikke i atomet. Bohrs tolkning av Balmers formel innebærer at for en gitt τ_1, er frekvensen avhengig av τ_2, altså atomets energi før utstrålingen. Bohr må finne en ny begrunnelse for kvantebetingelsen $W_\tau = \tau h(\omega_\tau/2)$. Men han finner ingen.

I stedet ser Bohr på et generelt uttrykk for kvantebetingelsen: $W_\tau = f(\tau)\, h\, \omega_\tau$, der $f(\tau)$ er en ukjent funksjon. Skal han få noe som minner om Balmers formel, må han sette $f(\tau) = c\,\tau$, der c er en konstant. For å bestemme c, gjør Bohr bruk av et nytt prinsipp, *korrespondanseprinsippet*. Han minner om at for lave frekvenser faller Plancks strålingslov sammen med de klassiske forutsigelsene. For atomet består den lavfrekvente forbindelsen mellom klassisk teori og kvanteteori i å sette likhetstegn mellom den mekaniske frekvensen ω_τ og strålingsfrekvensen $\nu_{\tau,\tau-1}$ for store verdier av τ. Dette resonnementet resulterte i verdien 1/2 for c, og dermed var $W_\tau = \tau h(\omega_\tau/2)$ tilbake.

Bohr understreket at selv om klassisk fysikk gir riktig strålingsfrekvens for lave frekvenser, er mekanismen bak strålingen ikke slik klassisk elektromagnetisme beskriver. *Utsendt stråling fra atomer skyldes overgang mellom to energitilstander.*

I løpet av høsten 1913 ble Bohr overbevist om at det var villedende å bruke Plancks oscillatorer som grunnlag for kvantebetingelsen. Men han finner ikke noe nytt grunnlag og fortsetter uten kvantebetingelsen. I et foredrag i Fysisk Forening i desember 1913, velger Bohr Balmers formel som utgangspunkt; og ved hjelp av korrespondanseprinsippet utledet han Rydbergs konstant.

I siste del av *On the Constitution of Atoms and Molecules,* viser Bohr til Nicholsons kvantisering av impulsmomentet som en mulighet til å kvantisere mekaniske størrelser i stedet for energien. Problemet med impulskvantisering trodde Bohr, var at den bare kunne anvendes på sirkelbaner, der kinetisk energi er konstant, og ikke på eksiterte tilstander som kunne være ellipser.

Bohr innså at en konsekvens av hans teori var at Balmers formel kunne anvendes på andre atomer med ett elektron, for eksempel ionisert helium. Rydbergs kontant skulle bare multipliseres med $Z^2 = 4$. I 1896 oppdaget Charles Pickering linjer i et stjernespekter som han tilskrev hydrogen. Harvard Fowler registrerte de samme linjene i laboratoriet i 1912. Bohr fant at frekvensene svarte til energioverganger i et atom med $Z = 2$ og ett elektron, altså ionisert helium. I løpet av sommeren protesterte Fowler. I en artikkel i *Nature*[16] gjorde han Bohr oppmerksom på at frekvensene ikke passet med de eksperimentelt bestemte dersom 4-tallet ikke ble erstattet med 4,0016. I oktober svarte Bohr Fowler ved å gjøre ham oppmerksom på at han i utledningen av Rydbergs konstant hadde latt kjernenes masse være uendelig stor i forhold til elektronets.[17] Bruker man de riktige massene, får man at den nye konstanten er 4,00163 R; en usedvanlig god overensstemmelse mellom teori og eksperimentelt resultat.

Reaksjoner på 'On the Constitution of Atoms and Molecules'

20. mars svarte Rutherford på Bohrs artikkel.[18] Han sier at han har lest artikkelen med stor interesse og synes ideen om mekanismen bak spektrene er genial, men at sammenblandingen av Plancks ideer med gammel mekanikk gjør det vanskelig å danne seg et bilde av ideens basis. Om Bohrs skille mellom elektronenes mekaniske frekvenser og strålingsfrekvenser, skriver Rutherford: *How does an electron decide what frequency it is going to vibrate at when it passes from one stationary state to another? It seems to me that you would have to assume that the electron knows beforehand where it is going to stop.*

I slutten av september fikk Bohr et brev fra Hevesy.[19] Han har vært på en kongress og møtt Einstein i Wien, og forteller at da Einstein hørte at modellen stemte for ionisert helium, utbrøt han: *Så avhenger altså lysets frekvens ikke i det hele tatt av elektronets frekvens. Dette er et enormt fremskritt.* Dette var Einsteins første reaksjonen på Bohrs teori. Arnold Sommerfeld skrev og gratulerte Bohr 4. september.[20] Han skriver at selv om han er skeptisk overfor atommodeller, er Bohrs utledning av Rydbergs konstant et fremskritt. Først i 1936 skrev J.J. Thomson at Bohrs artikkel i 1913 var det mest verdifulle bidrag kvantefysikken har bidratt med til fysikken.[21] I forelesninger om atomstrukturen så sent som i 1932, nevnte han ikke kvanteteorien.

Da Lord Rayleigh ble spurt om hva han syntes om Bohrs teori, svarte han at han hadde kikket på den, men visste ikke hva den skulle brukes til. Å gjøre oppdagelser på den måten, passet ham ikke, sa han. James Jeans hørte Bohr legge frem sin teori i Birmingham i desember 1913, og skrev i *Nature* at Bohr var kommet frem til en overbevisende og genial forklaring på lovene for spektrale serier.

Sommeren 1914 foreleste Bohr sin atomteori i Göttingen. Skepsisen var stor blant mange av de store tyske fysikerne. Mange ristet på hodet: *Hvis det hele ikke var noe vrøvl, var det i alle fall meningsløst.* Max Born var likevel ikke helt sikker:[22] *Det er alt sammen så dypt sært og utrolig, men denne danske fysiker likner i så stor grad et originalt geni, at jeg tør ikke nekte for at det kan være noe i det ...* Nagaoka skriver i et brev til Bohr: *Heartly thanks for your kindness in sending me several papers on atomic structure, it seems to be intimately connected with Saturnian atom, with I was occupied about ten years ago.*

Paul Ehrenfest skrev i et brev til H.A. Lorentz at hvis dette var veien til målet, ville han ikke drive med fysikk mer. Ehrenfest ble snart en nær venn av Bohr, og en stor beundrer av hans teori. Den siste reaksjonen vi tar med, ble skrevet av Henry Moseley,[23] en ung begavet fysiker som ble drept ved fronten i 1915: *Deres teori har en storartet innflytelse på fysikken, og jeg tror at når vi virkelig vet hva et atom er, hvilket vi utvilsomt gjør i løpet av et par år, vil Deres teori ha en stor del av æren, selv om den måtte være feil i sine detaljer.*

Takk

Jeg vil takke Ole Knudsen som har veiledet underveis, lest artikkelen og gitt kommentarer.

Referanser på side 19.

Fra Fysikkens Verden

63. årgang
2001

Norsk Fysisk Selskap
Oslo 2001

ISSN-0015-9247

Innhold FFV 2001

Nr. 1:

Fra Redaktørene 2
FFV Gratulerer 2
Jon Gjønnes 70 år
Tore Amundsen m.fl.
In Memoriam 4
Bertel Grimeland
Sven Oluf Sørensen
Tau-nøytrinoet
Lars Bugge og Farid Ould-Saada 5
Kvintessens – universets vakuumenergi
Øyvind Grøn 9
Kvanteteoriens utvikling – Plancks energielementer
Reidun Renstrøm 14
Indeks FFV 2000 17
Fysikknytt 22
Hallstein Høgåsen: Lys kan stoppast
Fra Fysikkens Historie 22
H. Olsen og R. Wittje: Kjernefysikk i Norge –
Arven fra Johan Holtsmark og Roald Tangen
Kommentar 24
Olav Holt: Treghetskrefter i Sofies verden
Bokomtaler 25
Charles Ruhla: The Physics of Chance.
Oxford University Press, 1992.
Mario Livio: The Accelerating Universe.
Infinite Expansion, the Cosmological Constant,
and the Beauty of the Cosmos.
John Wiley & Sons, 2000.
John Gribbin: Watching the universe.
Constable, 1998.
Trim i FFV 28
Nye Doktorer 29
Dr.scient. Lisa Henden
Dr.scient. Anne Holt
Dr.scient. Jan Kocbach
Dr.scient. Ole Harald Odland
Dr.scient. Are Strandlie
Dr.scient. Christina Søyland
Dr.scient. Trond Morten Thorseth
Dr.scient. Frode Westvold
Nytt fra NFS 33
Fysikermøtet 2001
Årsmøtet 2001
Støtte til deltakelse på Fysikermøtet
Priser til utdeling på Fysikermøtet
Nye medlemmer
Påmelding til Fysikermøtet

Nr. 2:

Fra Redaktørene 38
FFV Gratulerer 38
Olav Steinsvoll 70 år
Geir Helgesen og Arne T. Skjeltorp
Nansenprisen til Sjur Refsdal
Rolf Stabell
Tankebrytninger i Sophus Lies studiemiljø
Torger Holtsmark 40
Einsteins lyskvanter
Reidun Renstrøm 46
Er superluminalt lys observert?
Iver H. Brevik 51
Big Bang i et uendelig univers
Øyvind Grøn 55
Debatt 59
Ingerid Hiis Helstrup: Se opp for prosjektgjengen!
Fra Fysikkens Historie 60
H. Olsen og R. Wittje: Kjernefysikk i Norge –
Arven fra Johan Holtsmark og Roald Tangen.
Historisk bilde.
Bokomtaler 61
Arild Stubhaug: Det var mine tankers djervhet.
Matematikeren Sophus Lie.
Aschehoug, 2000.
Audun Holme: Matematikkens historie.
Fra Babylon til mordet på Hypatia.
Fagbokforlaget, 2001.
Jens Bang: Streiftog i Niels Bohrs tanker.
Hernovs forlag, Danmark, 1999.
Nye Doktorer 64
Dr.ing. John Ove Fjærestad
Dr.scient. Elin Melby
Dr.philos. Kårstein Måseide
Dr.ing. Jørgen Nyhus
Trim i FFV 67
FFVT 2/01
A.I. Vistnes: Hvor fort kjører råkjørerne?

Nr. 3:

Fra Redaktørene 70
FFV Gratulerer 70
Kristoffer Gjötterud 70 år
T. Engeland, F. Ingebretsen og E. Osnes
Onsagermedaljen til Sir Michael Berry
Undervisningsprisen til Per Jerstad
Gaborprisen til Ole Johan Løkberg
Simradprisen til Jon Tschudi
Redaksjonen
In Memoriam 73
Jon Bjordal
Kjell Brønstad og Johan Stadsnes
Ole Martin Lønsjø
T. Finstad, T. Holtebekk og F. Ingebretsen
Anders Storruste
Erling Stranden
Fysikkelever i vgs – En fokusgruppestudie
Øystein Guttersrud 76
Hvor gammelt er universet?
Øyvind Grøn 80
Fysikk i Skolen 83
Anders Isnes: Forskning på naturfag- og fysikk-undervisning – ingen innflytelse på praksis?
Bokomtale 84
Dava Sobel: Galileos datter. Cappelen, 2001.
Kommentarer 85
Haakon Olsen: Etikk og bokanmeldelse.
Bjørn Lerkerød: Matematikken i oldtiden, Bokomtale i FFV.
Henning Knutsen: Svar på kommentarer.
Redaksjonen: Knutsens bokomtale.
Nye Doktorer 88
Dr.scient. Helge Balk
Dr.philos. Ingvil Bjørnæs
Dr.ing. Alv Borge
Hva skjer 90
Arne Hjalmar Hansen: Romteknologi på Internett.
K.J.R. Ødegaard: Astrofestival i Oslo.
Fysikksnutt 91
Sven Lilledal Andersen og Otto Øgrim: Noen klarer 16 fystikkesker.
Trim i FFV 91
Nytt fra NFS 92
Steinar Stapnes: Fysikermøtet 2001.
Steinar Stapnes og Heidi Bruvoll: Årsmøtet 2001
Nye medlemmer

Nr. 4:

Fra Redaktørene 98
FFV Gratulerer 98
Johan Baarli 80 år
G. Saksebøl, P.I. Wethe og E.O. Hole
Formidlingsprisen til Michael Baziljevich
Redaksjonen
Historisk-didaktisk perspektiv på forståelse av bevegelse og hastighet
T. Holtsmark, J.H. Wold og I. Østby 100
Når ble de første galaksene dannet?
Øyvind Grøn 104
Nobelprisen i fysikk 2001
Leif Veseth 108
Fysikknytt 111
Øyvind Grøn: Det solare nøytrinoproblemet løst
Anders Johnsson og Ståle Ramstad: Lavfrekvente magnetiske felt "potensielt kreftframkallende"
Fysikk i Skolen 113
C. Angell og A. Isnes: Fysikkfaget bør moderniseres
C. Angell, H. Bruvoll og A. Isnes: Hvordan kan vi få flere fysikere?
Konferanse 115
R. Hansen og L.L. Randeberg: ICPS 2001 i Irland
Bokomtaler 119
David Bodanis: $E = mc^2$. En biografi om verdens mest berømte ligning. Gyldendal Norsk Forlag, 2001.
Jan R. Lien og Gunnar Løvhøiden: Generell fysikk for universiteter og høgskoler, Bind I Mekanikk. Universitetsforlaget, 2001.
Egil Lillestøl, Ola Hunderi og Jan R. Lien: Generell fysikk for universiteter og høgskoler, Bind II Varmelære og elektromagnetisme. Universitetsforlaget, 2001.
Jan R. Lien og Gunnar Løvhøiden: Generell fysikk for universiteter og høgskoler, Bind I Mekanikk. Universitetsforlaget, 2001.
Nye Doktorer 122
Dr.scient. Alvin Brattli
Dr.ing. Trond Ramsvik
Dr.ing. Per Kristian Rekdal
Dr.scient. Leo Saks
Dr.scient. Audun Sanderud
Dr.scient. Steinar Vervik
Dr.scient. Dag Østvang
Fysikksnutt 126
S.L. Andersen og O. Øgrim: Friksjon sideveis
Trim i FFV 126
Nytt fra NFS 127
Fysikermøtet 2002
Nye medlemmer

∞

Forfatterregister 2001

Amundsen, Tore m.fl.:
Gratulerer: Jon Gjønnes 70 år 2
Andersen, Svenn Lilledal og Otto Øgrim:
Fysikksnutt: Noen klarer 16 fyrstikkesker 91
Andersen, Svenn Lilledal og Otto Øgrim:
Fysikksnutt: Friksjon sideveis 126
Angell, Carl og Anders Isnes:
Fysikk i skolen: Fysikkfaget bør moderniseres..... 113
Angell, Carl, Heidi Bruvoll og Anders Isnes:
Fysikk i skolen: Hvordan kan vi få flere fysikere?..... 114
Borg Anne:
Nytt fra NFS: Fysikermøtet 2001 33
Brevik, Iver H.:
Er superluminalt lys observert? 51
Brønstad, Kjell og Johan Stadsnes:
In Memoriam: Jon Bjordal 73
Bugge, Lars og Farid Ould-Saada:
Tau-nøytrinoet 5
Engeland, Torgeir, Finn Ingebretsen og Eivind Osnes:
Gratulerer: Kristoffer Gjötterud 70 år 70
Finstad, Terje, Trygve Holtebekk og Finn Ingebretsen:
In Memoriam: Ole Martin Lønsjø 74
Gjötterud, Kristoffer:
Bokomtale: Jens Bang: Streiftog i Niels Bohrs tanker. Hernovs forlag, Danmark, 1999 63
Grøn, Øyvind:
Kvintessens – universets vakuumenergi 9
Grøn, Øyvind:
Big Bang i et uendelig univers 55
Grøn, Øyvind:
Hvor gammelt er universet? 80
Grøn, Øyvind:
Når ble de første galaksene dannet? 104
Grøn, Øyvind:
Fysikknytt: Det solare nøytrinoproblemet er løst 111
Guttersrud, Øystein:
Fysikkelever i vgs – En fokusgruppestudie 76
Hansen, Arne Hjalmar:
Hva skjer: Romteknologi på Internett 90
Hansen, Jan Petter og Kjartan Olafson:
Bokomtale: J.R. Lien og G. Løvhøiden: Generell fysikk for universiteter og høgskoler, Bind I Mekanikk; og E. Lillestøl, O. Hunderi og J.R. Lien: Generell fysikk for universiteter og høgskoler, Bind II Varmelære og elektromagnetisme. Universitetsforlaget, 2001. ... 120
Hansen, Rune og Lise Lyngsnes Randeberg:
Konferanse: ICPS 2001 i Irland 115
Helgesen, Geir og Arne T. Skjeltorp:
Gratulerer: Olav Steinsvoll 70 år..... 38
Helstrup, Ingerid Hiis:
Debatt: Se opp for prosjektgjengen! 59
Holt, Olav:
Kommentar: Treghetskrefter i Sofies verden 24
Holtsmark, Torger:
Tankebrytninger i Sophus Lies studiemiljø 40
Holtsmark, Torger, Jan Henrik Wold og Ivar Østby:
Historisk-didaktisk perspektiv på forståelse av bevegelse og hastighet 100
Høgåsen, Hallstein:
Fysikknytt: Lys kan stoppast 22
Ingebretsen, Finn:
Bokomtale: Charles Ruhla: The Physics of Chance. Oxford University Press, 1992 25
Isnes, Anders:
Fysikk i Skolen: Forskning på naturfag- og fysikk-undervisning – ingen innflytelse på praksis? 83
Johnsson, Anders og Ståle Ramstad:
Fysikknytt: Lavfrekvente magnetiske felt "potensielt kreftframkallende" 112
Kanestrøm, Ingolf:
Bokomtale: J.R. Lien og G. Løvhøiden: Generell fysikk for universiteter og høgskoler, Bind I Mekanikk. Universitetsforlaget, 2001. 121
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Mario Livio: The Accelerating Universe. John Wiley & Sons, 2000 27
Knutsen, Henning:
Bokomtale: John Gribbin: Watching the universe. Constable, 1998 27
Knutsen, Henning:
Bokomtale: A. Stubhaug: Det var mine tankers djervhet, Matematikeren Sophus Lie. Aschehoug, 2000 61
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Audun Holme: Matematikkens historie. Fra Babylon til mordet på Hypatia. Fagbokforlaget, 2001 62
Knutsen, Henning:
Bokomtale: David Bodanis: $E = mc^2$ En biografi om verdens mest berømte ligning. Gyldendal, 2001 .. 119
Knutsen, Henning:
Svar på kommentarer til bokmtale 87
Lerkerød, Bjørn:
Kommentar: Matematikken i oldtiden. Bokomtale ... 85
Olsen, Haakon og Roland Wittje:
Fra Fysikkens Historie: Kjernefysikk i Norge – Arven fra Johan Holtsmark og Roald Tangen 22
Olsen, Haakon:
Kommentar: Etikk og bokanmeldelse 85
Renstrøm, Reidun:
Kvanteteoriens utvikling – Plancks energielementer ... 14
Renstrøm, Reidun:
Einsteins lyskvanter 46
Saksebøl, Gunnar, Per Ivar Wethe og Eli Olaug Hole:
Gratulerer: Johan Baarli 80 år 98
Stabell, Rolf:
Gratulerer: Nansenprisen til Sjur Refsdal 39
Stapnes, Steinar:
Nytt fra NFS: Fysikermøtet 2001 92
Stapnes, Steinar og Heidi Bruvoll:
Nytt fra NFS: Årsmøtet 2001 94
Stranden, Erling:
In Memoriam: Anders Storruste 75
Sørensen, Sven Oluf:
In Memoriam: Bertel Grimeland 4
Veseth, Leif:
Nobelprisen i fysikk 2001 108
Vistnes, Arnt Inge:
Trim i FFV: Hvor fort kjører råkjørerne? 76

∞

Referanser

1. N. Bohr: *On the Constitution of Atoms and Molecules.* Phil. Mag. **26,** 1 (1913)
2. P.C. Hemmer: *Moderne fysikk 100 år.* Fra Fysikkens Verden **59,** 37 (1997)
3. J.J. Thomson: *Electricity and Matter.* Scribner, New York (1904)
4. H. Nagaoka: Nature **69,** 392 (1904)
5. H. Geiger og E. Marsden: Proc. Roy. Soc. A **82,** 495 (1909)
6. E. Rutherford: *The Scattering of α and β Particles and Matter and the Structure of the Atom.* Phil. Mag. **21,** 669 (1911)
7. J.W. Nicholson: *The Contitution of the Solar Corona.* Mon. Not: Roy. Astro. Soc. **72,** 677 (1912)
8. *Collected Works (CW), Niels Bohrs samlede verker* Vol. 1, s. 551 North-Holland, Amsterdam (1972–)
9. CW, Vol. 1, s. 593
10. CW, Vol. 1, s. 561
11. CW, Vol. 2, s. 136
12. A. Pais: *Niels Bohr's Times.* Oxford Univ. Press (1994) s. 163
13. CW, Vol. 2, s. 577
14. CW, Vol. 2, s. 578
15. CW, Vol. 2, s. 578
16. A. Fowler: *The Spectra of Helium and Hydrogen.* Nature **92,** 95 (1913)
17. N. Bohr: *The Spectra of Helium and Hydrogen.* Nature **92,** 231 (1913)
18. CW, Vol. 2, s. 583
19. CW, Vol. 2, s. 532
20. CW, Vol. 2, s. 603
21. J.J. Thomson: *Recollections and Reflections.* Bell, London (1936) s. 425
22. A. Pais: *Niels Bohr's Times.* Oxford Univ. Press (1994) s. 176
23. CW, Vol. 2, s. 544

∞

Universet var varmere før

Øyvind Grøn *

Ifølge Big Bang-modellene var universet varmere før. Dette er nå bekreftet av målinger.

I 1948 utførte George Gamow, Ralph Alpher og Robert Herman beregninger for å undersøke om kjerneprosesser tidlig i universets historie kunne forklare det observerte mengdeforhold mellom hydrogen og helium i universet. Omtrent 75 % av den kosmiske materien består av hydrogen og ca. 24 % av helium. Resten består av tyngre grunnstoffer. Beregningene stemte godt med dette. Men de viste også at kjerneprosessene produserte intens elektromagnetisk stråling med høy temperatur. Strålingen er senere blitt kraftig avkjølt på grunn av universets ekspansjon. Ifølge beregningene skulle det nå eksistere en kosmisk bakgrunnsstråling med temperatur på omtrent 5 K. Denne bakgrunnsstrålingen ble observert for første gang i 1965 av Arno Penzias og Robert Wilson. Nøyaktige målinger, bl.a. ved hjelp av COBE-satellitten, har vist at strålingen nå har en temperatur på 2,726 K. Men ifølge Big Bang-modellene for universet hadde den altså høyere temperatur før.

Det ville være en interessant test av Big Bang-modellene å måle temperaturen til bakgrunnsstrålingen ved et tidligere tidspunkt og se om den virkelig var høyere. I første øyeblikk høres dette ganske umulig ut, for vi gjør jo våre målinger 'nå'. Men her kommer lysets endelige hastighet oss til hjelp. Når vi ser utover i universet, ser vi også bakover i tiden. Observerer vi lyset fra en kvasar, viser den seg for oss slik den var da den sendte ut

*Høgskolen i Oslo og Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

lyset. Passerer lyset gjennom en sky av gass på vei fra kvasaren til jorda, vil lyset inneholde absorpsjonslinjer som forteller om gassens tilstand da lyset passerte gjennom den.

For å finne ut hvordan rommets ekspansjon virker på lys som beveger seg fra en fjern kvasarer til jorda, regner en ut reisetiden ved å integrere langs lysets bane. Ser en på suksessive bølgetopper, viser en slik beregning at bølgene forlenges under reisen på nøyaktig samme måte som avstanden mellom jorda og kvasaren øker,

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{R_0}{R},$$

der λ_0 og λ er bølgelengden til henholdsvis det observerte og det utsendte lyset, mens R_0/R er forholdet mellom avstanden mellom sender og observatør ved observasjons- og sendetidspunkt. Det er akkurat som om rommet strekker lysbølgene når det utvider seg, og lyset fra en fjern galakse blir *rødforskjøvet* på veien fra galaksen til jorda. Et mål for rødforskyvningen er:

$$z = \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda}.$$

I løpet av tiden fra utsendelsen til observasjonen er de kosmiske avstandene økt med en faktor

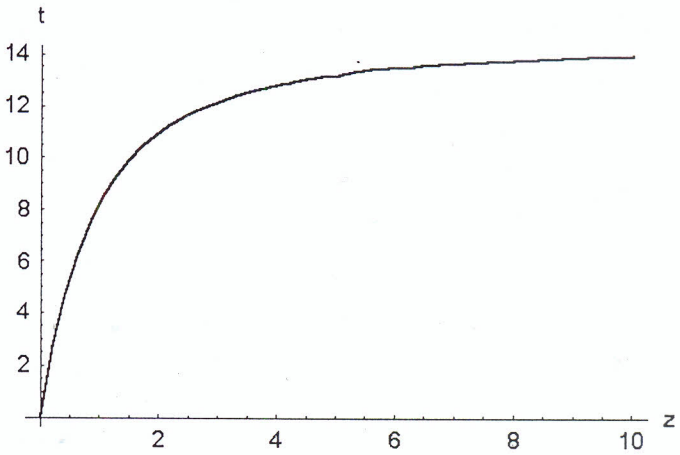
$$\frac{R_0}{R} = \frac{\lambda_0}{\lambda} = 1 + z.$$

Den kosmiske bakgrunnsstrålingen er svartlegemestråling. Når en går ut fra Plancks strålingslov og tar hensyn til den kosmiske rødforskyvningen, finner en at stråling med observert temperatur T_0 og rødforskyvning z hadde en sendertemperatur

$$T = \frac{R_0}{R} T_0 = (1 + z)\, T_0.$$

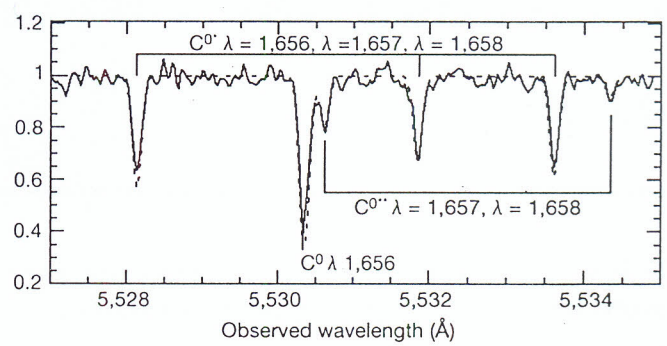
Jo større z er, desto mer har universet ekspandert mens lyset har vært på vei fra sender til mottager, og jo lenger tid har lyset vært underveis. Det betyr at lys med stor rødforskyvning kommer fra fjerne kilder og ble sendt ut tidlig i universets historie. Sammenhengen mellom lysets reisetid og rødforskyvningen for en realistisk universmodell, er vist i figur 1.

Vi ser for eksempel at $z = 2$ svarer til at lyset har brukt 10 milliarder år på veien til oss. Dette betyr at dersom vi kunne måle temperaturen til bakgrunnsstrålingen for lys med $z = 2$, så ville vi faktisk observere universets temperatur slik den var for 10 milliarder år siden. Dette



Figur 1. Reisetiden fra senderposisjon til jorda for lys med rødforskyvning z. Tiden er gitt i milliarder år.

er nå blitt benyttet til å måle temperaturen i den kosmiske bakgrunnsstrålingen da universet var ungt.[1] 8,2 m teleskopet til ESO (European Southern Observatory) ved Paranal-observatoriet i Chile, er blitt brukt til å foreta en detaljert spektralanalyse av strålingen fra en kvasar betegnet med PKS 1232+0815, som har en kosmisk rødforskyvning på $z = 2,57$. På veien til jorda passerte denne strålingen gjennom en sky av gass med blant annet nøytrale karbonatomer. En del av spekteret er vist i figur 2.



Figur 2. Utsnitt av spekteret til lyset fra kvasaren PKS 1232+0815 med absorpsjonslinjer fra en gass av karbonatomer. Bølgelengden til linjene viser at lyset har en rødforskyvning $z = 2,34$.

Spekteret inneholder ultrafiolette rødforskjøvete absorpsjonslinjer fra karbonatomer. Linjene som er markert med C^0, C^{0*}, C^{0**} er finstrukturlinjer i spekteret som kommer fra karbonatomer i grunntilstanden, men med forskjellig banespinn for elektronene, $j = 0,\ 1,\ 2$. I figuren er to C^{0**}-linjer knyttet sammen og tre C^{0*}-linjer. Dette er linjer fra nivåer med forskjellig verdi av spinn–banekvante-

tallet. C^{0*}-linjene med bølgelengder 5528, 5532 og 5534 Å, samt de øvrige merkede linjene, kunne identifiseres som linjer i spekteret fra en gass av nøytrale karbonatomer med rødforskyvning $z = 2,34$. Strålingen fra kvasaren har altså passert gjennom en sky av gass med denne rødforskyvningen, dvs. at strålingen passerte gjennom gassen for omtrent 10 milliarder år siden.

Ved å foreta en detaljert undersøkelse av alle absorpsjonslinjene i strålingen fra kvasaren, har man greid å bestemme tettheten av de viktigste grunnstoffene i gasskyen, spesielt av hydrogen. Man har så beregnet intensiteten til absorpsjonslinjene dersom finstruktur-eksitasjonen av karbonatomene skyldes kollisjoner med hydrogenatomer. Beregningene viste at slike kollisjoner ikke var tilstrekkelig til å forklare de observerte linjene.

Kanskje kunne energien i den kosmiske bakgrunnsstrålingen bidra til å eksitere atomene? Men selv om eksitasjonsenergien som er knyttet til karbonspekterets finstruktur er liten, så er temperaturen 2,726 K i den kosmiske bakgrunnsstrålingen for lav til at strålingen kan eksitere atomene. Her kommer imidlertid den kosmiske rødforskyvningen inn i bildet. Da lyset fra kvasaren passerte gjennom gassen, var temperaturen til den kosmiske bakgrunnsstrålingen $T = (1 + 2,34)\ 2,726\ \mathrm{K} = 9,1\ \mathrm{K}$. Dette er faktisk høy nok temperatur til at strålingen kunne eksitere karbonatomene. Jo høyere temperaturen er, desto større er bidraget fra den kosmiske bakgrunnsstrålingen til eksitasjonen av karbonatomene.

Analysen av strålingen fra kvasaren viste at bakgrunnsstrålingen må ha hatt en temperatur mellom 6 og 14 K da kvasarstrålingen passerte gjennom gasskyen for ca. 10 milliarder år siden. Dette bekreftet hva man ventet ut fra Big Bang-modellene for universet.

I utgangspunktet kunne slike målinger ha ført til store problemer for Big Bang-kosmologien. Men standardoppfatningen av hvordan universet har utviklet seg, overlevde også denne testen. Dette gir et godt grunnlag for det videre arbeidet med å oppnå mer detaljerte kunnskaper om universets utvikling og sammensetning.

Referanser

1. R. Srianand, P. Petitjean and C. Ledoux: *The cosmic microwave background radiation temperature at a redshift of 2,34.* Nature **408**, 931–935 (2000)

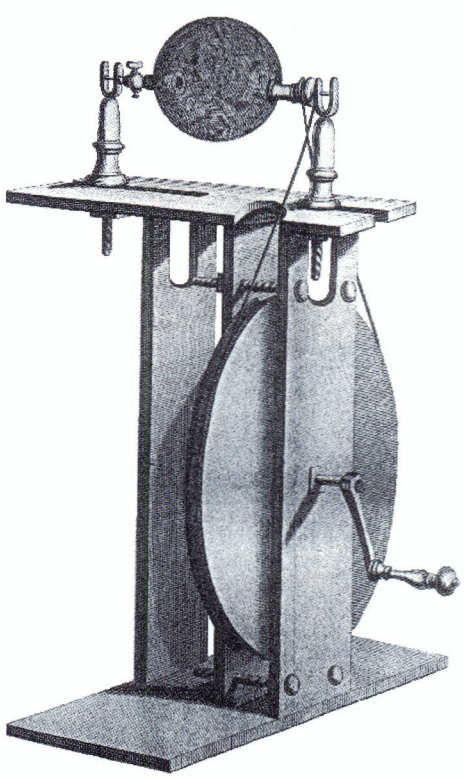
∞

Fra Fysikkens Historie

Plasmafysikk på 1700-tallet

Lysfenomen i gasser ved lavt trykk har vært kjent siden slutten av 1600-tallet. Det er beskrevet første gang i 1675 som "barometrisk lys", blå lysglimt som man av og til kunne se i den øverste, lufttomme delen av kvikksølvbarometre når de ble ristet.

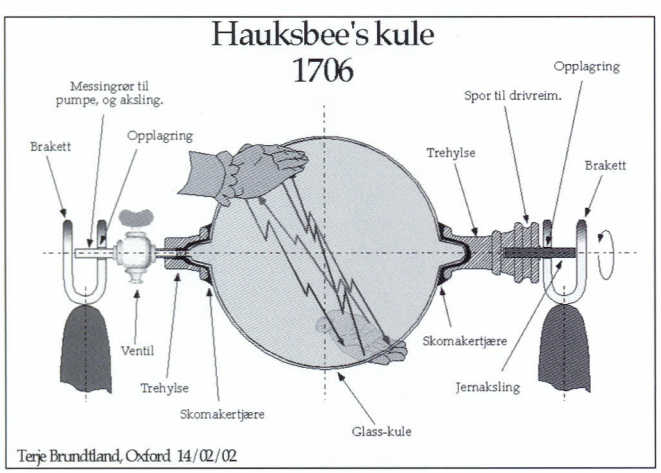
En av de første som studerte dette fenomenet i detalj var Francis Hauksbee (1666–1713). Han var instrumentmaker og spesialist på vakuumpumper, med verksted i nærheten av St. Paul's Cathedral i London. I desember 1703 ble han engasjert av Isaac Newton for å demonstrere naturfilosofiske eksperiment under møtene i det engelske vitenskapsakademiet, *The Royal Society.* Hauksbee utviklet og utførte tilsammen ca. 100 forskjellige forsøk som fortløpende ble dokumentert gjennom artikler i *The Philosophical Transactions,* og senere samlet i en bok med tittel: *Physico-Mechanical Experiments On Various Subjects.* Boka kom ut i London første gang i 1709, og ble snart oversatt til tysk, fransk og italiensk. Etter et par år ble Hauksbee utnevnt til *Fellow of the Royal Society.*



Figur 1. Hauksbees plamamaskin fra 1706

Første gang Hauksbee var til stede på et møte i *The Royal Society,* demonstrerte han et eksperiment med lys fra kvikksølvdråper i en lufttom glassbeholder. Han bygget senere flere sofistikerte apparater for dette formålet og fikk tidlig en mistanke om at glasset spilte en avgjørende rolle for lysproduksjonen, der friksjon mellom glass og kvikksølv var en utløsende faktor; og han oppdaget at han kunne skape lys i toppen av et barometer ved å gni det med fingrene mens kvikksølvet var i ro. Instrumentet som er avbildet på figur 1, ble bygget i 1706 for bl.a. å finne ut om kvikksølvet egentlig var nødvendig, og om gnidning utenpå en evakuert glassbeholder var tilstrekkelig, for å produsere lys. Hovedkomponenten var en enkel, hul glasskule (krystall), ca. 20 cm i diameter. Før forsøkene ble kula pumpet ned til ca. 1/400 av atmosfæretrykket med en vakuumpumpe, og så montert på maskinen. Ved å dreie rundt det store drivhjulet fikk man god fart på kula, og gnidde man den med hendene, oppsto det etter kort tid et lys inne i kula som var sterkt nok til at en kunne lese en tekst med stor skrift i nærheten. Hauksbee beskriver fenomenet på denne måten:

... And then applying my naked hand (expanded) to the Surface of it, The Result was, That in a very little time a considerable Light was produced ... The Light was of curious purple Colour, and was produced by a slender Touch of the Hand; the Globe at the same time being sensibly warm ... the Light began to branch itself into pleasant Figures, from that side of the Globe touch'd by the Hand; so that the whole body of the Globe was fille'd with these fine Appearances.



Figur 2. Tegning av Hauksbees kule laget av forfatteren

Hauksbee kalte fenomenet *"luminous matter"* (lysstoff) da han prøvde å forklare det med "lyskorpuskler" som ble frigjort fra glasset ved gnidning og varme. Forsøkene var nær beslektet med hans studier av elektrisitet, som på denne tiden betydde tiltrekning og frastøtning av papirbiter, noe som kunne oppnåes ved å gni forskjellige stoffer mot hverandre. Han betraktet elektrtisitet og lys i vakuum som to forskjellige fenomen, men med samme årsak.

Forøvrig ble lyset i kula snart sammenlignet med nordlys av bl.a. Edmund Halley i 1716. Og Erik Pontoppidan, biskop i Bergen omkring 1750, satte fram en teori om vær og nordlys som han forklarte ved hjelp av Hauksbees roterende glasskule. Begrepet *"luminous matter"* var i bruk inntil 1920-årene da det ble erstattet av "plasma".

I 2000 bygget undertegnede en kopi av Hauksbees maskin med støtte fra Institutt for fysikk, UiT. Kula pumpes ned til et trykk på ca. 5 mbar med en vanlig vakuumpumpe, og spenningene genereres ved kontakt mellom fingrene og glasset når kula roterer. Når kula blir gnidd med fingrene under hurtig rotasjon, kan man se lange blå-hvite 'gnister' springe ut fra glasset under fingertuppene på den ene hånden og gå tvers gjennom kula til fingertuppene på den andre siden, se figur 2. Gnistene tennes og slukkes kontinuerlig. Gnir man kula med et saueskinn, får man et mer diffust lys i kula.

Terje Brundtland

∞

Nordlyspioneren Leiv Harang

Den 19. april er det 100 år siden Leiv Marius Harang ble født i Trondheim. Han døde 21. september 1970.

Professor Leiv Harang var en dyktig geofysiker med en sprudlende fantasi. Få norske forskere er blitt så internasjonalt kjent som ham, og han har fått sitt navn knyttet til en viktig fysisk prosess i den polare ionosfære, *The Harang Discontinuity.*

Etter realartium ved Trondheim Katedralskole i 1921, begynte Harang å studere realfag ved Universitetet i Oslo. Han ble cand.real. i 1927 med fysikk hovedfag i spektroskopi. Takket være pioninnsatsen til professorene Birkeland, Størmer og Vegard, var geofysikken blitt et prioritert forskningsfelt i Norge. Deres banebrytende innsats i begynnelsen av det 20. århundret, førte til at vårt land i 1927 fikk penger fra The International Education Board i USA, til å bygge et moderne nordlysobservatorium i Tromsø-området. Etter et studieopphold i Göttingen, ble Harang i 1928 ansatt som første bestyrer ved det nye Nordlysobservatoriet. Her hadde han sitt virke i nesten 18 år.

Harang ikke bare videreførte klassiske optiske studier av nordlys og målinger av jordens magnetfelt ved observatoriet, men innførte også den nye metoden med radioekko-observasjoner, nå kalt ionosondemålinger, for studium av den polare ionosfære.

Harangs nye arbeidsfelt ble den polare ionosfære i høydeområdet 90–400 km, som ble oppdaget omkring 1930 basert på fjernmålinger med radiobølger. Pioneren på dette forskningsfeltet var Sir Edward Appleton, som fikk nobelprisen i fysikk i 1948 for sine studier av den øvre atmosfære.

Leiv Harang ble inspirert av Appleton som hadde et langt studieopphold i Tromsø i 1932. Han arbeidet nært sammen med Appleton og fikk installert måleutstyr identisk med det britene brukte, ved observatoriet. Med ionosonden utførte Harang flere grunnleggende studier av ionosfæren over Tromsø. Disse var sentrale i hans doktoravhandling som ble forsvart i 1937. Hovedinnholdet i avhandlingen var å vise hvordan de elektriske egenskapene til ionosfæren varierer ved store forstyrrelser i jordens magnetfelt og ved intenst nordlys.

Harang var en produktiv forsker og publiserte 20 vitenskapelige avhandlinger frem til 1940. Dette førte til at Nordlysobservatoriet i Tromsø ble en geofysisk nøkkelstasjon av verdensformat, og Harang fikk et internasjonalt kjent navn. Også under krigens første år arbeidet han med flere interessante prosjekter, men hans illegale arbeid med å skaffe informasjon om tyske forsvarsanlegg og troppeforflytninger, tok mer og mer tid. Nordlysobservatoriet hadde et utmerket fotelaboratorium, og her ble mangt et dokument avfotografert under krigen. Harang hadde mange kontakter og skaffet viktige opplysninger som ble sendt til Stockholm og London. Våren 1944 ble Harang arrestert, og etter fangeopphold i Bodø og Trondheim, ble han sendt til Berlin.

I 1946 sluttet Harang seg til Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) som en av grunnleggerne, og fikk ansvaret for å bygge opp Avdelingen for telekommunikasjon i Bergen. Harang prioriterte praktisk kommunikasjon og gjorde radiogeofysikken til et viktig fagområde. Det miljøet han grunnla der, var i mange år et av verdens ledende på sitt område.

I 1952 ble Harang utnevnt til professor II ved UiO, knyttet til Astrofysisk institutt og senere også til Fysisk institutt. Han sluttet da som forskningssjef ved FFI, men fortsatte som forsker der helt til sin død. I denne perioden var Harang en viktig brobygger mellom FFI og UiO.

Etter krigen fortsatte Harang sine studier av den polare ionosfære, og spesielt undersøkte han geomagnetiske forstyrrelser nær midnatt basert på samtidige, koordinerte målinger fra et nett av stasjoner mellom Ny-Ålesund og Dombås. Det var da han fant at de elektriske strømmene mellom 100 og 150 km høyde, skifter retning 180° ved magnetisk midnatt. Dette skiftet begynner på ekvatorsiden av nordlysbeltet og flytter seg gradvis mot høyere breddegrader. Harang fant at tidsforskyvningen mellom Dombås og Ny-Ålesund var typisk to timer. Også nordlysets bevegelser viser markerte retningsforandringer. Det er denne markerte reversering av ionosfærestrømmene ved magnetisk midnatt som i 1970 fikk navnet *The Harang Discontinuity.*

Professor Harang var en dyktig eksperimentator med stor interesse for moderne teknikk. Han var en pioner for anvendelse av fotoelektrisk teknikk i nordlysmålinger. I slutten av 50-årene var han med på å konstruere et avansert fotoelektrisk spektrometer for studier av nordlysspektret.

Harang fant stadig på nye målemetoder. Han var således den første som utførte radioekkoundersøkelser av nordlys i 1939, populert kalt radionordlys. I de siste årene som forsker var Harang mest opptatt med undersøkelser av lavfrekvente elektromagnetiske bølger, VLF-emisjoner, som naturen selv genererer.

Professor Harangs arbeid og interesser spente over et stort felt av geofysikken. I perioden fra 1952 til -69, i en alder da de fleste forskerne trapper ned, var han fortsatt meget produktiv med hele 30 vitenskapelige avhandlinger.

Harang var med i Norges Almenvitenskapelige Forskningsråd (NAVF) i 12 år, oppnevnt av Kirke-

og undervisningdepartementet. De siste seks årene fra 1964, var han ordfører i Gruppen for naturvitenskap. Han var også medlem av styret for Det norske institutt for kosmisk fysikk, og i tre 4-årsperioder fram til 1962, var han styreformann.

Harang var medlem i Det Norske Videnskaps-Akademi fra 1946, og i 1969 fikk han Framkomiteens Nansenbelønning for sin vitenskapelige innsats. Et minneskrift på 180 sider, kalt *A Collection of Articles on Cosmic Geophysics – Dedicated to the Memory of Professor L. Harang* ble utgitt i 1972, på 70-årsdagen for hans fødsel.

Undertegnede var Harangs vitenskapelige assistenter og kollegaer både innen forskning og undervisning. Han var alltid en positiv kollega og leder. Vi hadde også flere felles forskningsopphold ved Nordlysobservatoriet. Kveldene der, når vi satt og ventet på nordlyset, var aldri kjedelige.

For Harang hadde forskningen, og spesielt forskning kombinert med teknologiutvikling, høyeste prioritet. Men hans interesser strakte seg fra litteratur, kunst og politikk til bordets gleder. Han hadde en utrolig leselyst og var en kunnskapsrik og sjarmerende person.

Alv Egeland og Bjørn Landmark

∞

Bokomtaler

Atle Næss: Da Jorden stod stille. Galileo Galilei og hans tid. Gyldendal Norsk Forlag, 2001, ISBN 82-05-27508-4 (260 sider) 349 kr.

Retten, æren og makten

Det er de store oppdagelser og oppfinnelser som er selve drivkraften for fruktbar forandring av et samfunn. Oppdagelsene gir den nødvendige innsikt som praktisk virksomhet må tuftes på. Oppfinnelsene utnytter innsikten til å lette tilegnelsen av materiell rikdom og overskudd. Kultur krever velstand. Bare mennesker som greier å fri seg fra vanetenkning har den kostelige evnen til undring. Et samfunn må vite å ta vare på sitt talent, og det er en god investering når kreativitet får gode levekår.

Men utakk er verdens lønn. Det er sørgelig å lære hvordan geniet Galileo Galilei måtte ydmyke seg og fjeske for å skaffe seg utkomme. Han fikk også oppleve at uvitenhet, misunnelse og maktarroganse triumferte. Livskampen til den italienske fysikeren er nå intenst og innsiktsfullt skildret i en ny biografi: *Da Jorden stod stille. Galileo Galilei og hans tid.* Boka er skrevet av Atle Næss, og den er sannelig en Brage-pris verdt.

Atle Næss skriver ledig og spenstig. Med noen få, velvalgte setninger gir han leseren en innføring angående samfunnsforholdene i Italia under Galileis levetid (1564–1642). Vi møter et land som er splittet opp i bystater og fyrstedømmer. Her har kirken stor makt, og den vet å misbruke denne makten. Jesuitter-ordenen og dominikaner-munker tar vare på lærdom og kunnskap, mens inkvisisjonen ser til at folket ikke bare elsker sin Gud, men også frykter ham, som skrevet står.

Den unge Galileo bruker tida si ganske nyttig i katedralen i Pisa. Han er en skarpsindig observatør som opplever mer enn fromme messer og vakker korsang. Hjertet til Galileo slår trofast sine taktfaste slag. Dermed har han ei brukbar klokke. Han titter opp og ser at ei av de store lampene i kirken svinger som en pendel. Galileo tar tida med "uret" sitt, og han finner at tida på en pendelsvingning er uavhengig av størrelsen på utslaget.

Dessverre er det nok bare en vakker myte at Galileo klatret til toppen av det skjeve tårn for å undersøke om tunge legemer faller raskere enn lette legemer. Men det er sikkert at Galileo gikk like til kjernen på dette spørsmålet ved ganske enkelt å spørre om ei kule der de to halvdelene blir holdt sammen av et hårstrå, ville falle saktere enn den intakte kula. Så enkelt viste han at det ikke er noen grunn til å betrakte den gamle greker Aristoteles som en ufeilbarlig autoritet.

Atle Næss har en ganske nøytral og nøktern framstilling av Galileis liv og levnet. Men glimtvis kan en likevel føle at Næss er begeistret for helten. Galilei hadde jo nettopp en utrolig teft og sikker intuisjon for hva som var det essensielle ved et fysisk problem. Han forstod uten videre at når en skyter med kanon, vil bevegelsen til kula være sammensatt av to *uavhengige* bevegelser. Kula beveger seg jevnt framover i horisontal retning, men vertikalt faller den stadig raskere. Galilei skjønte hvilken verdi matematikken har. Når han benyttet den, fant han lett parabelbanen til kanonkula.

Men Galilei var så langt fra bare en teoretiker som fant fram til grunnleggende naturlover. Han hadde utmerket praktisk sans. Det var nok at han ble oppmerksom på ryktene om at linser av glass kunne brukes for å se bedre på avstand. Han følte

seg fram med prøving og feiling, og snart hadde han en ganske brukbar kikkert. Med sådant redskap tilgjengelig gjorde han store oppdagelser. Han var den første som så de fire store månene til Jupiter. Han observerte fasene til Venus, og han ble da en svoren tilhenger av teorien til Kopernikus. Jorda var ikke lenger det sentrale midtpunkt for universet som alt dreier seg om. Melkeveien sine tåker løste seg opp i myriader av enkelte stjerner. Solskiva var heller ikke perfekt. Den var "utskjemt" av stygge flekker.

Boka til Atle Næss er så visst ikke preget av en uforbeholden beundring for den store fysiker. Han forteller at Galilei hadde grådig matvett og var raus med å skjenke kikkerter til fyrster og rikfolk. Da den geniale, men fattige Johannes Kepler ydmykt ba om å få benytte det nye teleskopet, var han ikke svar verdig.

Galilei avlet tre barn med Marina Gamba uten å gifte seg. I kirkebøkene er han ikke innført som far. Marina var ikke av god nok stand og hadde heller ingen medgift å gi. Da Galilei ble hoffmatematiker hos storhertugen i Firenze, måtte Marina pent bli værende i Padova.

Det mest sentrale tema i boka er selvsagt den sørgelige striden Galilei fikk med den katolske kirken. Det skal innrømmes at Galilei selv slett ikke var uten skyld. Han var ingen forsiktig og listig diplomat og var ganske sta, ærekjær og egenrådig. Dertil var han egentlig politisk svært naiv. Men boka dirrer av en undertrykt harme over den urettferdighet som overgikk Galilei. I ettertid virker det merkelig at kirkens autoriteter valgte å tviholde på nettopp den tolkningen av den hellige skrift som medførte at verdensbildet til hedningene Aristoteles og Ptolemaios ble ufeilbart. Prestene burde ha fattet at naturlover ikke vedtas av kirkefedre, men er ukrenkelige egenskaper ved Guds eget hellige skaperverk.

En lunefull pave Urban VIII og en maktarrogant katolsk kirke fastholdt at det heliosentriske verdensbilde var ensbetydende med grovt kjetteri. Galilei ble tvunget til taushet, og kristenheten har reist seg en evig skamstøtte. For de som har makten, har ikke uten videre retten.

Vi konkluderer med at boka til Atle Næss er spennende og betagende lesning. Forfatteren har rett og slett gjort norsk kultur rikere. Mer kan ingen forlange.

Henning Knutsen

∞

Paul Davies: How to build a time machine. Allen Lane, The Penguin Press, 2001, ISBN 0-713-99583-1 (148 sider).

Paul Davies er en meget produktiv forfatter som har skrevet flere glimrende populærvitenskapelige bøker om moderne fysikk. Igjen tar han for seg et spennende emne. Det dreier seg om hvilke begrensninger fysikken setter og hvilke muligheter den åpner for når det gjelder reiser i tiden.

Drømmen om tidsreiser har menneskene hatt lenge. H.G. Wells *"The Time Machine"* er en klassiker. Den var skrevet på en bakgrunn av newtonsk fysikk der tiden er uforanderlig.

Slik er ikke relativitetsteoriens tid. Davies forklarer hvordan klokker som beveger seg går saktere enn klokker i ro. Han forklarer at det virkelig dreier seg om at en reisende eldes langsommere enn en som er i ro. Tvillingen som reiser med 80 % av lyshastigheten til den nærmeste stjernen Alfa Proxima, 4 lysår fra jorda, vil bare være 6 år eldre når han kommer tilbake, enda den hjemmeværende broren er blitt 10 år eldre. Dette kalles "tvillingparadokset", men Davies sier at det ikke *er* noe paradoks siden situasjonen ikke er symmetrisk for den hjemmeværende og den reisende tvillingen. Den ene akselereres og den andre ikke.

Men tvillingparadokset går dypere. Dersom man trekker inn det generelle relativitetsprinsippet og aksepterer ekvivalensprinsippet som sier at man ikke kan avsløre om man er påvirket av et tyngdefelt som skyldes masse eller et som skyldes referansesystemets akselerasjon, har den "reisende" tvillingen rett til å oppfatte seg selv som i ro. Om den reisende nå bruker den spesielle relativitetsteorien til å konkludere med at den hjemmeværende broren er yngre enn ham selv når de møtes igjen, har man et genuint paradoks. For å løse dette må man trekke inn den gravitasjonelle tidsforskyvningen.

Først etter å ha gjort seg ferdig med det han kaller "tvillingeffekten", går Davies videre og omtaler at tiden går langsommere nede i et tyngdefelt. Han sier her at Einstein først fastslo dette i 1915 da han presenterte den generelle relativitetsteorien. Men faktum er at Einstein forutsa denne effekten allerede i 1911 i et av sine vakreste resonnementer. Først påpekte han at lys har energi og dermed masse, og vil få økt energi når det beveger seg nedover i et tyngdefelt. Dernest brukte han ekvivalensprinsippet. Ved å si at lys som beveger seg mot referansesystemets bevegelsesretning i et akselerert system er ekvivalent med lys som beveger seg nedover i et tyngdefelt, argumenterte han for at det

observeres en høyere frekvens i mottagerposisjonen langt nede enn i senderposisjonen høyt oppe. Siden lysbølger verken kan skapes eller forsvinne mellom sender og mottager, fortsatte Einstein, og siden det ankommer flere bølger per sekund enn det sendes ut, må tiden gå langsommere i mottagerens posisjon enn i senderens. Han regnet på dette grunnlaget ut hvor mye langsommere tiden går når man senkes ned i et tyngdefelt.

I dette avsnittet har Davies vært litt for rask. Han skriver at dersom man kunne klemme sammen jorda til halve diameteren, ville tyngdeakselerasjonen på overflaten dobles. Men siden tyngden er omvendt proporsjonal med kvadratet av jordas radius, vil den imidlertid firedobles.

Davies omtaler samtidighetens relativitet på en fin måte. Han får frem den overraskende kjensgjerning at ifølge relativitetsteorien eksisterer det ikke noe universelt "nå". Videre får vi høre om merkelige løsninger av likningene i den generelle relativitetsteorien. Utenfor en uendelig lang, roterende sylinder, eller i et roterende univers, eksisterer det reiseruter som fører tilbake til fortiden. Men uendelig lange sylindre finnes ikke, og observasjoner av temperaturvariasjoner i den kosmiske mikrobølgebakgrunnstrålingen tyder på at universet ikke roterer.

Vi får også et innblikk i de merkelige egenskapene til svarte hull. Sett utenfra står tiden stille på overflaten av et svart hull. Men for en som befinner seg der nede, er det tiden ute i verden som går uendelig raskt. Ingen vet hva som befinner seg i sentrum av et svart hull. Noen har spekulert på om det kanskje eksisterer en inngang til en annen verden her, eller en tunnel til et annet sted i vår verden, kanskje til og med til fremtiden eller fortiden. Slike tunneller kalles *ormehull* og ble for første gang beskrevet som løsninger av relativitetsteoriens feltlikninger av Einstein og Rosen i 1935.

Davies forteller hvordan man kan tenke seg å preparere et ormehull slik at det ville virke som en "tidsmaskin". Man kunne sørge for at en av endene beveget seg uhyre raskt slik at tiden gikk langsommere der på grunn av den store farten. Alternativt kunne man senke en av ormehullets ender ned mot overflaten av en nøytronstjerne der tiden går langsommere. I begge tilfeller oppnås at *en* ende av ormehullet er mindre eldet enn den andre. Hvis man kunne reise gjennom et slikt ormehull, ville man komme frem *før* man startet.

Carl Sagan hadde bruk for tidsmaskiner i sin bok *Contact*. Han kontaktet sin venn Kip Thorne som er ekspert på teorien for svarte hull. M.S. Morris og K.S. Thorne gjorde en detaljert undersøkelse av hvordan man kunne bruke ormehull som tidsmaskiner. Undersøkelsene viste at tomme ormehull kun er åpne en uhyre kort tid. De lukker seg igjen før noen har sjanse til å slippe gjennom. For å holde et ormehull åpent, må det fylles med en form for "eksotisk materie" som forårsaker frastøtende gravitasjon. Her er de praktiske problemene betydelige. For å kunne bruke ormehullet som en tidsmaskin, må man kunne reise gjennom det. Men for å kunne slippe et menneske gjennom et ormehull, må det være fylt med omtrent tusen jordmasser av en type materie som kanskje ikke eksisterer!

Å lage et ormehull som kan brukes som en tidsmaskin, virker håpløst. Men fortsatt kunne det tenkes at man kunne sende et signal til sin egen fortid. Denne muligheten synes å åpne seg dersom det eksisterer tachyoner, dvs. partikler som beveger seg raskere enn lyset. La oss tenke oss at signalene går uendelig raskt. En person A sender et signal langs en toglinje. Det kommer da frem til en person B lenger framme på linjen samtidig med at det ble sendt. Signalet reflekteres fra B til et tog som beveger seg raskt fra A mot B. På toget er det en tachyonsender som umiddelbart sender signalet tilbake slik at det ankommer A samtidig med at det ble sendt fra B, målt på toget. På grunn av samtidighetens relativitet, vil signalet ankomme A *før* det ble sendt fra B, målt på perrongen. Følgelig ankommer signalet A *før* A selv sendte det ut. Dersom signalet aktiverer en mekanisme som ødelegger senderen når det kommer frem, har vi et kausalitetsparadoks. Man har derfor konkludert med at relativitetsteorien ikke tillater eksistensen av tachyoner som kan overføre informasjon.

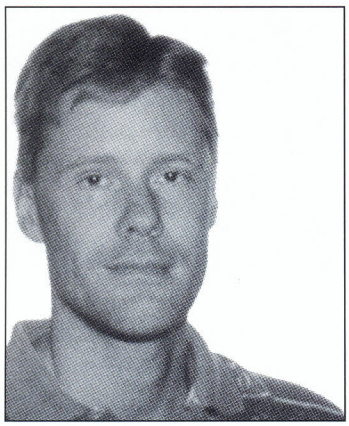
Slike problemer med reiser i tiden diskuterer Davies i det fjerde og siste kapitlet i sin bok. Her er mye å undre seg over. Man inspireres til å tenke videre over tidens merkverdige egenskaper. Dette er et tema der fysikere og filosofer har felles interesser. Hvordan skal ordene vi bruker oppfattes? Hva er naturlover og hva er logikk? Les boken og bli med på disse spennende funderingene!

Øyvind Grøn

∞

Nye Doktorer

Rune Gangeskar



Cand.scient. Rune Gangeskar forsvarte 27. november 2001 sin avhandling *Measuring Directional Wave Spectra and Sea Surface Currents with a Marin Navigation Radar*, for graden dr.scient. ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Arbeidet har dreiet seg om måling av havbølger og havstrømmer ved bruk av en standard navigasjonsradar, og har i grove trekk gått ut på å forbedre eksisterende metoder og algoritmer. En stor del av resultatene er allerede i bruk i et kommersielt produkt, WAVEX, som i løpet av de siste årene er blitt et viktig instrument for bølge- og strømmålinger for skip og offshore-virksomhet. Informasjon om bølgehøyde, periode og retning, er av stor betydning for å kunne sikre en trygg drift av hurtiggående katamaraner og store skip. WAVEX bruker skipsradaren, som allerede finnes på de fleste større skip, sammen med en PC og software for etterprosessering av radarbilder, til å beregne havbølger og strøm.

Avhandlingen er skrevet innenfor områdene instrumentering og fysisk oseanografi, med stor vekt på signalbehandling, bildeanalyse og algoritmeutvikling. Tradisjonelle algoritmer er forbedret ved bruk av avanserte metoder innenfor signalbehandling for bl.a. å kunne fjerne støy mer effektivt. Nye algoritmer er utviklet ved bruk av elementer fra bildeanalyse. Det er også samlet inn store mengder data fra Gullfaks C plattformen i Nordsjøen, som sammen med data fra andre instrumenter har dannet et godt grunnlag for testing av nye algoritmer.

Arbeidet er utført ved MIROS A/S i Asker. Veiledere har vært Øistein Grønlie og Torfinn Lindem.

∞

Yngve Kvinnsland

Cand.scient. Yngve Kvinnsland forsvarte 17. des. 2001 avhandlingen *New Methods for Measurements of Activity Distributions in Tissue Sections and Developments of Models for Microdosimetric Calculations* for graden dr.scient. ved Universitetet i Oslo.

Ved noen kreftformer blir radioaktive stoffer brukt både for å lindre smerter og for å redusere mengden av kreftvev. Denne avhandlingen handler om metoder til å anslå virkningen av slik behandling. To av fire artikler presenterer måletekniske metoder til å sammenligne hvordan ulike radioaktive stoffer fordeler seg i vev. De to andre presenterer modeller for beregning av fraksjoner av overlevende celler og resultater som følger av disse.

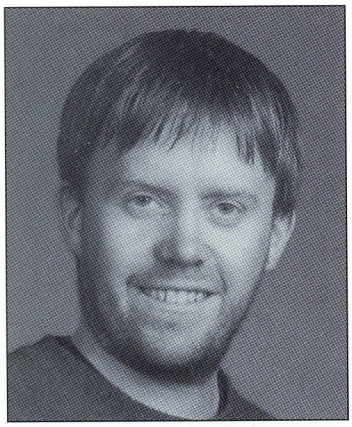
Metodene til å sammenligne fordelinger i vev baserer seg på målinger med en silisium stripedetektor. Ved hjelp av denne kan en finne ut hvordan to ulike radioaktive stoffer fordeler seg i et vevsnitt. Avhandlingen presenterer to metoder for å gjøre dette, en som baserer seg på forskjeller i energispektra for de ulike radioaktive nuklidene, og en som utnytter forskjeller i halveringstid. Disse metodene kan bli viktige for å kunne avgjøre hvilket radioaktivt stoff man bør velge for behandling.

I de to andre artiklene blir det utviklet nye modeller for å beregne hvor stor fraksjon av en gitt type celler som overlever denne type behandling. Resultater som en kom fram til viser at de modellene som tradisjonelt har vært brukt, ikke er detaljerte nok til å kunne gi pålitelige resultater. Etter som det er helt avgjørende å beherske slike beregninger for å kunne gi riktig mengde radioaktivitet til pasienten, er det meget viktig å få påpekt dette.

Veiledere har vært Arne Skretting, Øyvind Bruland, Dag Rune Olsen og Steinar Stapnes. Arbeidet er utført ved Det Norske Radiumhospital og ble finansiert av Den Norske Kreftforening.

∞

Gunnar Prytz



Cand.scient. Gunnar Prytz forsvarte den 1/11-2001 sin avhandling *A Biophysical Study of Oscillatory Water regulation in Plants. Measurements and Models,* for graden doctor scientiarum ved Institutt for fysikk, NTNU.

Gunnar Prytz har arbeidet med vannreguleringen hos unge havreplanter, hvor spesielt oscillativ regulering har vært av interesse. Planter tar opp vann og fordeler dette i bladene. Tap av vann skjer via spalteåpninger som samtidig regulerer opptaket av CO_2. Vanntranspirasjon er nødvendig for transport av ioner og stoffer fra jorden, men også for effektiv kjøling av bladene ved høy temperatur.

Oscillasjoner er blitt registrert i transpirasjon, vannopptak, CO_2-opptak og bladtemperatur. Som en viktig del av instrumenteringen ble det brukt IR-kamerateknikk til å se på bladtemperatur i to dimensjoner over tid, noe som ga en direkte fordeling av transpirasjonen over bladoverflaten under ulike forhold. Dette muliggjorde å studere koblinger mellom spalteåpningene, som i seg selv fungerer som oscillatorer. Prytz har kunnet påvise faseforskjeller i svingningene over bladoverflaten, bifurkasjoner i oscillasjonenes periode ved økt tilførsel av kaliumioner til spalteåpningene m.v.

Parallelt med det eksperimentelle arbeidet har Prytz utført simulseringer på ulike modeller av vannreguleringssystemet for å se på virkningsmekanismene bak oppførselen til systemet.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med professor Anders Johnsson som veileder. Arbeidet har vært støttet av Norges forskningsråd. Gunnar Prytz er nå ansatt som forsker ved ABB Corporate Research AS, Asker.

∞

Geir Vigdel

Cand.scient. Geir Vigdel disputerte 20. desember 2001 med avhandlingen *Neutrino properties and the Solar Neutrino Problem* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen.

Siden 1970-tallet har man observert lavere nøytrinofluks fra solen enn hva de mest tiltrodde modellene tilsier. Denne uoverenstemmelsen er senere styrket ved at andre typer nøytrinodetektorer også har målt lavere fluks enn den modellforventede. Det er fremsatt flere mulige forklaringer på dette misforholdet; de mest avholdte er at de opprinnelige elektron-nøytrinoene endrer karakter ved følgende overganger: $\nu_e \rightarrow \nu_\mu$ og $\nu_e \rightarrow \nu_\tau$. Dette kan skje enten i rommet mellom solen og jorden, eller gjennom MSW-effekten i solen (og delvis i jorden). Tilsvarende oscillasjoner er også funnet for atmosfæriske nøytrinoer, og her er det mest sannsynlige at $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$.

I avhandlingen ble koblingen mellom atmosfæriske og solproduserte nøytrinoer studert, og det ble satt grenser for partiklenes tillatte parameterområde, dvs. verdiene av Δm^2 og miksingen. Det ble det også studert hvorvidt en bestemt massestruktur foreslått for kvarkene kan være gyldig i nøytrinosektoren.

Et annet fenomen som ble berørt er hvilke parameterbegrensninger som kan oppnåes ved å koble data fra oscillasjonseksperimenter med dataene fra eksisterende og fremtidige målinger av nøytrinoløs dobbel betanedbrytning. Sistnevnte er et fenomen som kan oppstå hvis nøytrinoene er sine egne antipartikler, og hvis minst ett av dem har masse.

Studiene er utført under vegledning av Per Osland ved Fysisk institutt, UiB.

∞

Stein Westad Ødegård

Cand.scient. Stein Westad Ødegård forsvarte den 11. februar i år sin avhandling *Triaxiality and Wobbling in Nuclei,* for graden dr.scient. ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Westad Ødegård har påvist eksperimentelt at enkelte hurtig roterende atomkjerner kan ha form som en flatklemt rugbyball og at dette kan resultere i helt spesielle kvantemekaniske energitilstander kalt "wobbling tilstander". Nobelprisvinnerne i fysikk, Aage Bohr og Ben R. Mottelson, forutsa allerede for 25 år siden at slike tilstander kunne eksistere, og de er nå observert for første gang.

Atomkjernene som ble studert var isotoper av grunnstoffene lutetium og hafnium. Disse ble produsert ved å la kjerner med stor hastighet fra en partikkelakselerator kollidere med kjerner i en stasjonær stoffprøve. Kjernene, som det produseres cirka hundre tusen av per sekund, roterer omlag 100 milliarder ganger i løpet av den første milliarddelen av et sekund. Ved å måle den radioaktive strålingen fra en slik kjerne i løpet av dette lille tidsrommet, får man informasjon om hvordan kjerner oppfører seg under så ekstreme forhold. Dette er viktig for å forstå av hvordan protoner og nøytroner sammen danner de stabile kjerner som utgjør mer enn 99,9 % av den materien vi består av; og resultatene er et viktig bidrag til forståelsen av atomkjerners natur.

Eksperimentene ble utført ved laboratorier både i europeiske land og i USA, og ble støttet av flere europeiske samarbeidsprosjekter.

Veiledere for prosjektet har vært professor Per Olav Tjøm, Fysisk inst., Univ. i Oslo, og lektor Gudrun B. Hagemann, NBI, Univ. i København.

∞

Jim-Viktor Paulsen

Cand.scient. Jim-Viktor Paulsen forsvarte 17. mars 2001 sin avhandling *Theory and simulation of transport in the simple magnetized torus* for graden dr.scient. ved Universitetet i Tromsø.

Det finnes fire ulike tilstander for materien i universet. Disse er fast stoff, væske, gass og plasma. Når temperaturen i plasmaet blir ekstremt høy, starter en fusjonsprosess hvor det produseres store mengder energi. I et plasma med lav temperatur foregår det ingen fusjon, og det er denne typen plasma som studeres i Blåmann-eksperimentet ved UiT, hvor magnetisk innesperring av plasmaet står sentralt. På 1980- og 90-tallet har en klart å oppnå en forbedret magnetisk innesperring av plasmaet i de fleste større fusjonseksperimentene i USA og Europa. Dette fenomenet blir kalt LH-overganger (fra Lav til Høy innesperring), og gir håp om et framtidig gjennombrudd i fusjonsforskningen.

Temaet i doktoravhandlingen er transport av plasma på tvers av magnetfeltet i en magnetisert torus, og resultater fra numeriske simuleringer og eksperimentelle observasjoner er sammenlignet. Paulsen har vist at skjærstrømninger kan forklare LH-overganger og at disse er viktige i Blåmann-eksperimentet.

Jim-Viktor Paulsen ble cand.scient. ved UiT i 1995. Han oppholdt han seg ved Risø Forskningssenter i Danmark i 1997, og ble doktorgradsstudent i 1998. Doktorstudiet ble finansiert av Norges forskningsråd og Universitetet i Tromsø. Veileder har vært professor Kristoffer Rypdal.

∞

Trim i FFV

FFVT 1/02

Anna og Marie

Marie og Anna er til sammen 44 år, og Marie er dobbelt så gammel, som Anna var, da Marie var halvt så gammel, som Anna vil bli, når Anna er tre ganger så gammel, som Marie var, da Marie var tre ganger så gammel som Anna. Hvor gammel er Marie?

Løsning FFVT 4/01

a) I denne oppgaven gikk professor Tanke etter juleinnkjøpet langsomt ned en nedovergående rulle-

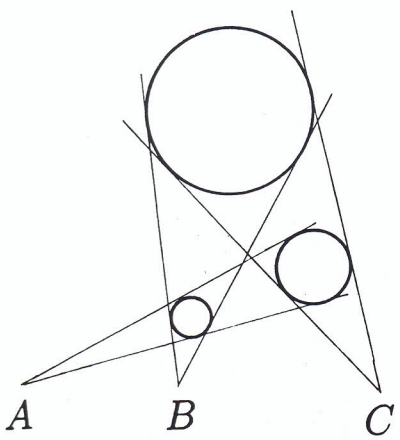
trapp og kom ned etter å ha tatt førti skritt. Da kom han på at han hadde etterlatt lommeboka og løp oppover rulletrappa, ett trinn om gangen, og kom opp etter å ha tatt 120 skritt. Farten var slik at han nå brukte bare femtedelen av tida på hvert trinn i forhold til da han gikk ned. Da han kom tilbake til rulletrappa med lommeboka i god behold, var trappa stoppet. Spørsmålet er hvor mange trappetrinn, N, var da synlige?

Kall tida han brukte pr. trinn på nedoverturen for τ. Da vil $N - 40$ trinn forsvinne ut av syne i løpet av tidsrommet $40\,\tau$. På oppoverturen brukte han tida $120\,\tau/5 = 24\,\tau$, og i dette tidsrommet vil $120 - N$ trinn ha forsvunnet ut av syne. Vi antar at farten på rulletrappa var den samme i begge tilfeller, slik at

$$\frac{N-40}{40\tau} = \frac{120-N}{24\tau}.$$

Antall synlige trinn blir da $N = \underline{\underline{90}}$.

b) Påstanden i denne oppgaven var at når fellestangentene for hvert par av tre ulike store sirkler trekkes vil skjæringspunktene A, B og C ligge på en rett linje (se figuren), og det skulle bevises uten regning.



Tenk på sirklene som tverrsnittet av tre kuler, alle med sentrum i papirplanet. Dersom det for hvert par kuler legges en kjegle som berører kulene, vil kjeglens topp-punkt ligge i papirplanet, og skjæringene mellom kjeglene og papirplanet vil være fellestangentene i oppgaven.

Tenk videre at et plan hviler på toppen av de tre kulene. Dette planet vil nødvendigvis være tangentplan for de tre kjeglene og inneholde kjeglenes topp-punkter A, B og C. Topp-punktene vil derfor ligge både i papirplanet og i dette felles tangentplanet. De må derfor ligge i skjæringen mellom de to planene, som er en rett linje, *qed.*

∞

Fysikksnutt

Slinkyfallet

En slinky, eller et trappetroll, er en type skruefjær som er til salgs i mange leketøysbutikker. At de kan gå nedover trapper, er det mange som vet; og hvis du ikke vet det, så prøv å starte dem øverst. I en passende trapp går de ett og ett trinn om gangen. Men nå skal vi gjøre noe helt annet, vi skal studere et fritt fall.

Hold fjæra i den ene enden og la resten henge fritt nedover. Rykk handa et lite stykke oppover eller nedover, og du ser en bølge forplante seg langs fjæra. Bølgen går ikke fortere enn at vi kan følge den med øynene.

Nå skal vi slippe fjæra. Da bør vi starte så høyt oppe at det minst er en meter fra den nederste enden til bakken. Men aller først må vi tenke over hvordan vi tror fallet vil foregå. Her er noen forslag:

1. Alle ting faller like fort. Derfor endrer ikke fjæra form før den nederste enden støter mot bakken.
2. Før vi slipper virker det ei kraft fra oss oppover på de aller øverste delene av fjæra. Når denne krafta blir borte, virker det kanskje som et slags støt nedover på denne delen av fjæra. Kanskje faller den da så fort at den går forbi den nederste delen.
3. Når vi slipper, tar det kanskje litt tid før den nederste delen "merker" det. Vi har jo sett hvor langsomt en bølge går i en slinky. Kanskje faller den øverste delen like fort som bølgen beveger seg.

Så slipper vi. Vi ser da at slinkyen kommer samlet ned på bakken. Det tar altså tid før den nederste biten begynner å falle. Det ser ut til at forslag nr. 3 er riktig.

Hvis vi gjør det samme forsøket med en stålstav, ser det ut som om hele staven starter fallet samtidig. I prinsippet gjør den ikke det. Men i stålstaven går det en bølge med en fart av noen kilometer i sekundet, og det kan vi ikke merke.

Sven Lilledal Andersen og Otto Øgrim

∞

Nytt fra NFS

FYSIKERMØTET 2002

13–14 juni vil det bli avholdt et lite fysikermøte i Stavanger. Styret, inkludert alle faggruppestyrene pluss en del andre inviterte, vil gjennomgå aktivitetene i Norsk Fysisk Selskap og i faggruppene, og utarbeide en arbeidsplan for neste toårsperiode.

Det foreløpige programmet for møtet er:

Torsdag 13.6.

1. Ordinære styresaker og styremøte
2. Handlingsplan for 2002, 2003

   Vil basere seg mye på innlegg og forslag fra det nye styret og fra faggruppene, og på innspill fra siste Fysikermøte om NFS' målsettinger.

   Aktiviteter/utviklinger/endringer utført og under utprøvning:

   - Få hele NFS elektronisk (e-post og www)
   - Styre og gruppesammensetning – for å gjøre organisasjonen mer til en enhet, og involvere flere i det daglige arbeidet
   - Statutter – pga. første punkt, men også for å gjøre driften enklere (e-post og web)
   - Organisering av fysikermøtene – større og bedre møter som gjør oss mer synlige
   - Arbeid med synlighet av norsk fysikk på to plan:
     - o Ovenfor et generelt publikum, skoleelever og lærere
     - o Synlighetsprosjektet
   - Publisering: Fra Fysikkens Verden mister forskningsrådsstøtten fra 2002 og endringer må diskuteres (nå basert på solid frivillig innsats fra nøkkelpersoner)
   - Mye ugjort og uprøvd innen:
     - o Initiativ overfor næringsliv og det offentlige
     - o Deltagelse i utformingen av fysikkfaget i fremtiden – på 2FY, 3FY, hva med rekruttering til Universitetene?
     - o Ønske(drøm): Å få det årlige budsjettet opp i millionklassen slik at vi kunne ansette en person

Dette blir viktige temaer framover.

Fredag 14.6.

3. Synlighetsprosjektet – da skulle vi ha en god del ferdig og kan bruke tid på å gå igjennom status
4. Møte med det lokale miljøet. Vi vil møte fysikerne ved HiS og i næringslivet i området slik at vi får en skikkelig oversikt over hva som skjer der
5. Årsmelding
6. Oppsummering og avslutning av møtet

Agendaen og årsmeldingen vil være tilgjengelig på Internett *http://www.norskfysikk.no/nfs/referat/referater.htm* to uker før møtet.

E-postadresser

Siden all informasjon fra Norsk Fysisk Selskap nå blir sendt ut via e-post og Internett, ber vi om at alle medlemmer straks gir beskjed om eventuelle endringer i sine e-postadresser. De som ennå ikke har mottatt e-post fra NFS, men har e-postadresse, må også snarest sende oss sine adresser. Endringer/nye e-postadresser sendes til *heidib@fys.uio.no*

Heidi Bruvoll

∞

Nye medlemmer 25. februar 2002

Øystein Boland
Alta vgs.

Øyvind Borck
Institutt for fysikk, NTNU

John Engeseth
Bredtvet vgs., Oslo

Eirik Grude Flekkøy
Fysisk institutt, UiO

Anders Frøseth
Institutt for fysikk, NTNU

Kay Gastinger
SINTEF Materialteknologi, Trondheim

Kjell Gåsvik
Selbu vgs.

Heidi Lorentzen
NLH, Ås

Per Ramberg
Sandefjord vgs.

Kirsten Sanna Skauli
Oslo

∞

C-BLAD

Returadresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo

Retningslinjer for forfattere

Fra Fysikkens Verden utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høgskoler med fysikk i sine fagkretser. Men andre kan også abonnere på bladet, og blant disse er elever og biblioteker ved videregående skoler. Bladet gis ut fire ganger i året, i mars, juni, oktober og desember. Tidsfristene for stoff er hhv. 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er f.t. 1900.

FORMÅLET MED FFV er å gi informasjon til alle med interesse for fysikk, og tidsskriftet ønsker å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker FFV å være til hjelp for elever og lærere i vieregående skoler og andre undervisnigsinstitusjoner. Dette krever at artikler og annet stoff er skrevet på en lett og forståelig måte på norsk uten unødig bruk av spesielle faguttrykk og matematikk. Faguttrykk som må brukes må defineres, og matematikken bør være forståelig for vanlige fysikkstudenter. En mindre eksakt verbal form er oftest å foretrekke, men det må brukes standard begreper og enheter. Husk at artiklene i FFV primært skal gi oversikt og informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare kan leses med utbytte av en snever faggruppe, har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redasjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

MANUSKRIPTER leveres fortrinnsvis på diskett eller som e-post, med papirutskrift i tillegg. Diskettene må merkes med hvilket operativsystem/tekstbehandlingsprogram som er brukt. Manus kan også leveres maskinskrevet med dobbelt linjeavstand.

ARTIKLER bør ikke være lengre enn 6 sider med trykt tekst. Større avsnitt i teksten bør markeres med undertitler. Referanser kreves ikke, men det er ønskelig med en liste over lett tilgjengelig tilleggstoff.

SMÅSTYKKER: bokomtaler, skolestoff, møtereferater, nekrologer etc. mottas gjerne, men de bør ikke være lengre enn 1–2 sider.

DOKTOROMTALER trykkes gjerne, men bør begrenses til ca 0,5 sider inkludert bilde.

ILLUSTRASJONER er en svært viktig del av en artikkel. Legg derfor mye omtanke i figurene og bruk norsk teksting. Figurene vil som regel bli trykket i svart/hvitt. Bare i helt spesielle tilfeller kan figurer trykkes i farger, av økonomiske grunner. Figurene bør helst være i omtrent dobbelt format, og de må ikke være rastrerte. Alle figurer og bilder må merkes tydelig.

Det skal refereres til figurer og tabeller i teksten, og ønsket plassering bør markeres. Hvis forfatterne selv ikke har laget figurene, skal opprinnelsen oppgis. Forfatterne må selv innhente tillatelse til bruk av slike illustrasjoner.

FORSIDEBILDER velges som regel i tilknytning til en artikkel. De må være teknisk gode og kan trykkes i farger.

KORREKTUR: Forfatterne får tilsendt korrektur som må returneres snarest, og det må ikke gjøres unødige endringer i korrekturene.

GRAFISK PRODUSKJON OG TRYKK: OSLO SATS, REPRO & MONTASJE A/S

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Steinar Stapnes
Fysisk inst., Univ. Oslo.
E-post: steinar.stapnes@fys.uio.no

Visepresident:
Professor Kristian Fossheim
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.

Styremedlemmer:
Førsteaman. Cecilia Futsæther
Inst. for tekniske fag, NLH, Ås.
Førsteaman. Jan Petter Hansen
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Førsteaman. Anders Isnes
ILS, Univ. Oslo.

Selskapets sekretær:
Rådgiver Heidi Bruvoll
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 26, Fax.: 22 85 64 22
E-post: heidi.bruvoll@fys.uio.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Professor Øivin Holter
Professor Finn Ingebretsen
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonssekretær:
Overingeniør Karl Måseide
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonskomité:
Professor Noralv Bjørnå
Inst. for fysikk, Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. for teor. astrofysikk, Univ. Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 28
Fax.: 22 85 56 71 / 22 85 64 22
E-post:
oivin.holter@fys.uio.no
finn.ingebretsen@fys.uio.no
karl.maseide@fys.uio.no
Postgiro: 0532 1448307
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen.
Årsabonnement 120 kr. (Studenter 60 kr.)
Løssalg 40 kr. pr. nummer.