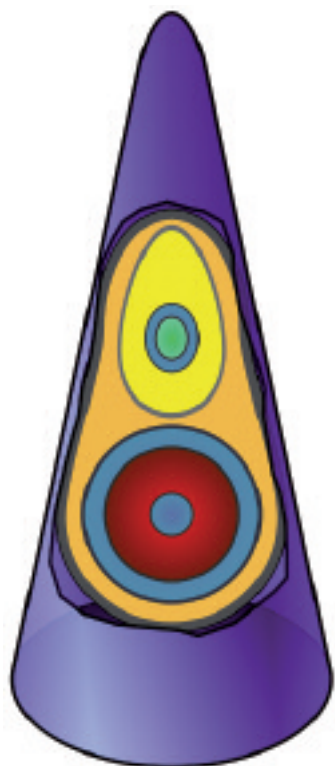


Fra Fysikkens Verden



Oppbygging av et moderne kjernevåpen
(Se artikkel om kjernevåpen)

Nr. 4 – 2009
71. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øystein Elgarøy
Øyvind Grøn

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Asle Sudbø:	
Nobelprisen i fysikk 2009	105
Heidi Kristine Toft:	
Kjernevåpens fysikk	108
Sven Oluf Sørensen:	
Atombombespionene – Del III . .	114
Henning Knutsen:	
Fundamentet for Big Bang-modellen	121
Å. Fredriksen og A. Borg:	
Kvinneandelen i fysikk ved universitetene	126
Gjest i FFV	102
Aasmund S. Sudbø FFV Gratulerer	102
Anders Johnsson Johan Stadsnes Nytt fra NFS	104
Birkelandpris i fysikk Fysikknytt	127
Test av gravitasjonsteorier Bakgrunnsstrålingens polarisasjon Hva skjer	129
Sigurd Einbu heidra Fysikk i skolen	131
Astronomi, et løft for fysikkfaget? Ta bølgen for nye fysikklærere! Bokomtaler	133
Furrer, Mesot and Strässle: Neutron Scattering... Terry, Willis and Carlile: Experimental Neutron Scattering Nye Doktorer	134
PhD Eirik Glimsdal Trim i FFV	135
Nytt fra NFS	135
Nye medlemmer	

Gjest i FFV

Tildelinga av Nobels fredspris 2009 til den mektigaste presidenten i verda er omstridd. Men tildelinga av Nobelprisen i fysikk er ei feiring av bygginga av Internett, og er lite omstridd. Professor Asle Sudbø ved NTNU presenterer vinnarane i dette nummeret av FFV.

Internett er stort og samansett, og det er mange som med rette kan seie at dei har vore med og bygt det. På mange måtar var tildelinga av Nobelprisen i fysikk også i år 2000 ei feiring av bygginga av Internett. I år går eine halvparten av prisen til ein av dei som starta arbeidet med å utvikle optiske fibrar som kunne brukast som leidningar i telenettet, det som etter kvart er blitt til Internett. Det som starta som eit nett for telefonsamtaler er nå fullt av bilete og videoar som det er lett for oss å skape og altfor lett å spreie. Andre halvparten av nobelprisen i fysikk i år går til to av dei som har vore med på å gjera det lett å skape desse bileta.

På Internett er fysisk avstand godt gøymd. Når vi klikkar oss frå side til side på skjermen, kostar det ikkje noko å klikke sjølv om kvart klikk ofte hentar inn tekst og bilete frå heile verda. Dei fleste oppfatar dette som ein grunnleggande eigenskap ved Internett, og det skulle bli rabalder om nokon prøvde å krevje kilometertakst for internettrafikk. Men utan fiberoptisk kommunikasjonsteknikk ville dette ikkje ha vore mogeleg.

Charles Kao skreiv i 1966 ein artikkel der han peika på dei viktigaste tekniske vanskanane som måtte overvinnast for at glasfibrar skulle kunne brukast til kommunikasjonsformål. Dette blei starten på ein gullalder for fysikkfaget i forskning og næringsliv. Fyrst skulle silikamateriale framstillast som var mange storleiksordenar reinare enn det som finst i naturen. Så skulle den beste oppbygginga av fiberen finnast, og fiberen skulle produserast industrielt i kilometerlengder. Heilt ny måleteknikk skulle utviklast, svært raffinert teknikk som ikkje blir bruka til nokon andre formål enn fibermålingar. Deretter tok det ikkje mange år før industrielt produsert kommunikasjonsfiber blei så god som naturen tillet han å bli. Dette stabile industriproduktet la grunnlaget for ein vekstnæring innanfor optisk kommunikasjon. Frå visjonane i 1966 vaks denne industrien jamt og trutt, og optimismen vaks med industrien heilt fram til ein kjempesnell på børsen i

2001. For forskarar og ingeniørar i teleindustrien var nok nedturen djupare og arbeidsløysa verre etter børs-smellen i 2001 enn det vi ser i denne delen av næringslivet etter børs-smellen i 2008.

For mange av oss som var i teleindustrien i åra fram til 2001 står børsen som ein arena der dei grådige lever ut sine lyster, og sjølv den beste blir grådig. Sju nye år med hurra på børsen har bare gjort det verre. Er det slik vi vil ha det?

Aasmund S. Sudbø

Universitetsenteret på Kjeller, UiO

∞

FFV Gratulerer

Anders Johnsson 70 år



Professor Anders Johnsson, NTNU, fylte 70 år 24. september. Han startet sin forskerkarriere ved Universitetet i Lund, Institutt for elektrisk måleteknikk, under veiledning av professor Hellmuth Hertz, sønn av nobelprisvinneren Gustav Hertz. 1. januar 1976 flyttet han til NTNU (den gang Norges Lærerhøgskole, NLHT) for å begynne i et nyopprettet professorat ved Fysisk institutt. Oppgaven var å bygge opp en eksperimentell virksomhet i biofysikk. Med seg hadde han utstyr, et godt vitenskapelig nettverk med internasjonale kontakter og sist men ikke minst, en imponerende vilje

og kreativitet til å skape det mulige av det umulige, både innen forskning og undervisning.

Det var en krevende jobb å bygge opp laboratorier fra grunnen av for å studere døgnrytmer, vannregulering i planter og hvordan tyngdekraften virker på organismer. Sommeren 1979 ble et unikt eksperiment gjennomført på Svalbard hvor effekten av litium på menneskets døgnrytme ble testet. Med på eksperimentet var studenter fra NLHT og samarbeidspartnere i Tyskland. Under konstante lysforhold kunne Anders for første gang påvise at litium endrer den biologiske døgnrytmen hos mennesker som lever under "normale" forhold.

Effekten av tyngdekraften på planter og planteceller studeres best i vektløshet. Gjennom 80- og 90-tallet gjennomførte Anders og kollegaer flere eksperimenter ved å bruke romfergen. Tyngdekraften virker på basale funksjoner i planter og styrer retningen de vokser i. Det siste eksperimentet ble gjennomført i 2007. For sitt brede arbeid innen plantefysiologi fikk han i 2001 Roséns Linnépris av Kungl. Fysiografiska Sällskapet i Lund.

Anders interesserte seg tidlig for effekten av lavfrekvent elektromagnetisk stråling på biologiske systemer, og var opptatt av hvordan folk ble eksponert for stråling i private hushold, sykehus og industri. De siste 15 årene er fagområdet el-følsomhet hos mennesker blitt svært interessant for samfunnet gjennom fokus på bruk av mobiltelefon og effekter av felt fra høyspentlinjer. Anders Johnsson har vært en viktig forsker med innsikt i fagområdet og en erfaren fagperson i samfunnsdebatten. Innen fotobiologi har han arbeidet med problemstillinger knyttet til kvisebakterier og blått lys. Han mottok Norsk Forening for Fotobiologi og Fotomedisin sin Claude Rimington-pris i 2004.

Til sammen har Anders publisert 185 vitenskapelige arbeider og kun glimt kan gis her. Han er medlem av flere vitenskapelige foreninger, bl.a. Det Kongelige Norske Videnskabers Selskap og Norges Tekniske Vitenskapsakademi.

Undervisning har vært viktig for Anders, og han har alltid vært en inspirerende foreleser. Nye kurs innen biofysikk og måleteknikk ble utviklet. Han har veiledet nærmere 80 masterstudenter og 25 PhD-studenter. Forskningsformidling har vært viktig for ham og flere bøker er skrevet.

Gjennom årene har Anders også hatt krevende leder verv og administrative oppgaver internt. Blant annet har han vært prorektor ved Den allmenvitenskapelige høgskolen (AVH, Universitetet i Trondheim), instituttleder, leder av redaksjonsrådet for

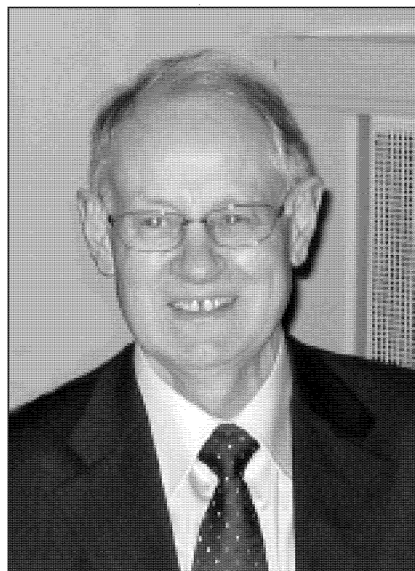
Universitetetsavisa, leder for Norsk Senter for Barneforskning, medlem av styret i Universitetsbiblioteket, ALLFORSK og NLTHs råd. Han var AVHs representant i Forskningsrådet i 6 år. I ulike perioder ledet han Romforsknings- og Polarforskningsutvalget i Forskningsrådet, var medlem av vindenergi- og bioenergiforskningsutvalg, samt medlem i flere rådgivende grupper som arbeidet med instrumentering og større nasjonale laboratorier, eksempelvis NMR-utstyr i Oslo og Trondheim. Internasjonalt har Anders jobbet 14 år i den europeiske romorganisasjonen ESA, innen fagområdet mikrogravitasjon, og han var medlem av den svenske romstyrelsen i 8 år.

Både kollegaer og studenter har satt stor pris på Anders Johnssons faglige dyktighet, vitenskapelige teft og kreativitet, evne til god veiledning og undervisning, og ikke minst hans gode lederegenskaper. Vi ønsker ham lykke til med de 70 år, og ser fram til å kunne samarbeide med ham i mange år!

Berit Kjeldstad

∞

Johan Stadsnes 70 år



Professor Johan Stadsnes fylte 70 år den 3. november. Han er født og oppvokst i Langevåg på Sunnmøre og ble cand.real. ved Universitetet i Bergen i 1965 med hovedfag i kosmisk stråling, med professor Bjørn Trumpy og amanuesis Terje Svanes som veiledere. I 1964 ble han ansatt som stipendiat/vitenskapelig assistent ved Fysisk insti-

tutt ved UiB. Han ble førsteamanuensis i 1986 og professor i 2004.

Stadsnes sitt forskningsområde er studier av magnetosfæren, nordlyset og ionosfæren. Allerede under militærtjenesten ved FFI undersøkte han sammen med dr. Bernt N. Mæhlum, hvordan nordlyselektronene avsetter energi og spredes i atmosfæren. I hele hans forskning har dette vært et sentralt tema, hvordan overføres energien i sol/jord-systemet og hvordan påvirkes den øvre atmosfæren. I disse studiene har han benyttet data fra instrumenter i ballonger, raketter og satellitter, og han har ledet store forskningskampanjer.

Når nordlyselektronene treffer den øvre atmosfæren, danner den høyenergetiske delen av elektronspektret i tillegg til synlig nordlys også røntgennordlys. Stadsnes er en pioner innen måling og tolking av røntgennordlyset, og han var en sentral person i gruppen som utviklet og bygget røntgenkameraet PIXIE for NASA-satellitten Polar. Med observasjoner fra PIXIE var det for første gang mulig å avbilde hele nordlysovalen samtidig og studere morfologien i røntgennordlyset både på natt- og dagsiden fordi røntgenstrålingen kan observeres både i den solbelyste og i den mørke delen av atmosfæren. Slike studier er helt essensielle for å kunne forstå nordlysets globale dynamikk, og en rekke viktige publikasjoner er kommet fra hans hånd i forbindelse med disse studiene. Med basis i PIXIE-målingene kombinert med målinger fra andre satellitter og lidarobservatoriet ALOMAR, har han sammen med sine studenter tatt opp studiet av hvordan partikkelnedbøren påvirker temperaturen og prosessene rundt dannelsen av nitrogenoksid og ozon i den øvre atmosfæren.

Stadsnes tok initiativet til og ledet arbeidet med å definere en bredt anlagt instrumentpakke, AURIO, for ESAs Polar Platform. Denne instrumentpakken skulle avbilde nordlyset over et stort spektralområde, noe som til da ikke var gjort. AURIO fikk stor vitenskapelig aksept og nådde langt opp mot å bli akseptert av ESA for å fly. Dessverre ble dette prosjektet ikke realisert, men intensjonene og ideene bak prosjektet ble imidlertid tatt videre og har vært et viktig grunnlag for senere satellittprosjekt.

Ved Fysisk institutt, UiB, nå Institutt for fysikk og teknologi, har Johan Stadsnes tatt del i undervisningen på alle nivå. Hovedfags- og doktorgradsstudenter har nytt godt av hans grundige og inspirerende veiledning, og han har alltid tatt seg av sine studenter på en god måte. Som lærer er han en dyk-

tig, godt forberedt og inspirerende foreleser.

I tillegg til forskning og undervisning har Stadsnes innehatt mange tillitsverv i styrever og utvalg både lokalt og i forskningsråd. Han var også styrer ved instituttet fra 1999 til 2003.

Som medarbeider gjennom mange år har vi i Johan Stadsnes hatt en raus og god kollega som uredd har tatt tak i problemer og stilt opp når det trengtes. At han nå slutter for aldersgrensen er formodentlig bare en formell ting fordi vi regner med at han vil fortsette å virke faglig som han alltid har gjort, men nå med mer tid og frihet til å gjøre den forskning han alltid har vært opptatt av.

Alle hans kolleger i romfysikkgruppen i Bergen vil gratulere den alltid aktive og engasjerte professoren med dagen!

Kjell Brønstad og Nikolai Østgaard

∞

Nytt fra NFS

Birkelandpris i fysikk 2010

Yara International ASA vil hvert år gi 25 000 kr. til Birkelandkomiteen for utdeling av en pris i fysikk eller kjemi. Prisen skal alternere mellom fysikk og kjemi. Prisen skal deles ut i forbindelse med Birkelandforelesningen og kalles "Yaras Birkelandpris i fysikk og kjemi".

I 2010 skal prisen deles ut til det doktorgradsarbeide i fysikk som best møter Birkelands forskerånd. Den skal deles ut blant avhandlinger der disputas er avlagt i årene 2008 og 2009. Det skal legges vekt på at oppgavens faglige innhold bidrar til teknologiske gjennombrudd og innovasjon. Prisen og utdelingen skal sette fokus på miljø og teknologi, og skape interesse for forskning og utvikling på tvers av fagområdene.

Alle norske institusjoner som tildeler doktorgrader i fysikk inviteres til å sende inn begrunnede forslag på kandidater til Norsk Fysisk Selskap, Institutt for fysikk og teknologi, Allégaten 55, 5007 Bergen. Forslag må være levert senest 15. mai 2010.

∞

Nobelprisen i fysikk 2009

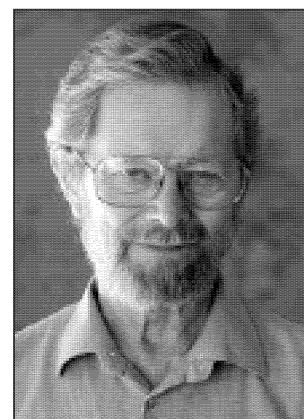
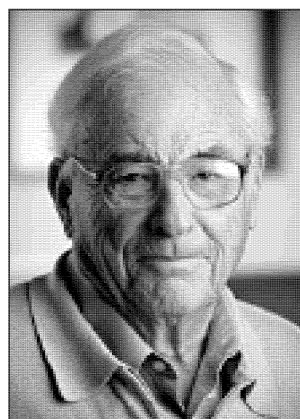
Asle Sudbø *

Nobelprisen i fysikk går i 2009 til forskerne Charles Kuen Kao for hans banebrytende arbeid innen transmisjon av lys i optiske fibre, og til Willard Sterling Boyle og George Elwood Smith for deres oppfinnelse av avbildende halvlederkretser, såkalte CCD-sensorer, der CCD står for Charge Coupled Device. Halvparten av prisen tildeles Kao, mens Boyle og Smith deler den andre halvparten.

Forskningen som i 2009 er tildelt Nobelprisen i fysikk har gitt resultater som fullstendig gjennom-syrer det samfunnet vi lever i idag. Som Nobelkomiteen skriver, vil prisvinnerens arbeider blant annet innebære at budskapet om prisen kan spres verden over praktisk talt med lysets hastighet igjennom et ekstremt utviklet verdensomspennende fiberoptisk nettverk, og vil være tilgjengelig for et bredt publikum verden over i løpet av sekunder. Dette er en realisering av den visjonen Charles Kao hadde på slutten av 1960-tallet der den optiske fiberen er det essensielle elementet. Kort tid etter revolusjonerte Willard Boyle og George Smith avbildningsteknikker ved oppfinnelsen av CCD som i dag brukes i utstrakt grad i digitale kameraer, og i avansert medisinsk og vitenskapelig instrumentering. Det er teknologipionerer av rang det her er snakk om, og resultatene de har oppnådd er to eksempler på en mengde resultater som viser hvor viktig forskning i fysikk alltid har vært for utvikling av nye og samfunnsnyttige teknologier, særlig i det 20. århundre.

Optiske fibre

Den første halvdel av årets nobelpris gis altså for arbeid med lystransmisjon i trange bølgeledere. Lys kan betraktes som et bølgefænomen, og ideen med å lede lysbølger i trange kanaler over lange avstander



Charles Kuen Kao

Willard Sterling Boyle og George Elwood Smith

ved å bruke materialer som hindrer lyset i å lekke ut av kanalene, er ikke ny. Denne ideen går tilbake til det tidlige 1840-tallet. Da viste *Daniel Colladon* og *Jaques Babinet* at lysledning ved hjelp av refraksjon var mulig ved å bruke vann som lysbølgeleder! Colladon kalte apparatet en lyspipe eller en lysfontene, og dette var den første demonstrasjon av selve grunnprinsippet i moderne optiske fibre: Refraksjon inne i materialet lyset beveger seg i leder lyset i en bane definert av bølgelederen, og hindrer lyset i å unnsnippe. På 1870-tallet utførte *John Tyndall* banebrytende eksperimenter på total indre refraksjon av lys i en rekke ulike materialer og fastslo

* Institutt for fysikk, NTNU

blant annet minimumsvinkelen for totalrefraksjon av lys (vinkelen forplantingsretningen til lyset må danne i forhold til overflatenormalen på materialet for å holdes inne i materialet) for en lang rekke materialer. På 1920-tallet kom de første anvendelsene av lysbølgeledere der lys ble ledet over mindre avstander, blant annet i oral kirurgi og i forbindelse med transmisjon av bilder over kortere avstander. Det var *Narinder Singh Kapany* som i 1952 først foreslo å bruke optiske glassfibre som lysbølgeledere. *Jun-ichi Nishizawa* ved Tohoku- universitetet var den første som foreslo å bruke optiske fibre i kommunikasjon, i 1963. Problemet den gang var at materialene man hadde til rådighet ikke var rene nok til å klare å transportere lyset lengre enn noen få meter, og det syntes ikke som det fantes praktiske måter å fremstille rene nok materialer på i store nok mengder til at visjonene til Nishizawa kunne realiseres.

Charles Kaos bidrag til denne lange historien er hans banebrytende forskning for å finne frem til ultrarene tynne fibre av silisiumdioksid (kvartsglass) som tillater lys å vandre langs tynne fibre over avstander på *hundrevis av kilometer* uten at lyset blir dempet helt ut. Kao og hans gruppe studerte nitidig fundamentale fysiske egenskaper til lange tynne fibre, spesielt lysdempningen (målt i dB/km) som funksjon av bølgelengden til lyset. (Desibel kan defineres for lys- så vel som for lydbølger, og er et logaritmisk mål for intensiteten til en bølge.) De begrenset seg imidlertid ikke til det. De studerte også mer generelt egenskapene til andre potensielle materialer til bruk i slike optiske fibre. Det fundamentale problemet de stod overfor var altså å fremstille fibre av glass som var så rent som overhodet mulig. De minste urenheter i glasset forårsaker lysdempning og spredning av lyset ut av fiberen, slik at den mister sine gode transmisjonsegenskaper og dermed blir ubrukelig for overføring av informasjon over store avstander. Kao hadde pekt på det rette materialet, som var silisiumdioxid i amorf form, fremstilt kort fortalt ved å ta kvartskrystaller av høy renhet og varme dem opp til ca. 2000 °C i ovn slik at det dannes et amorft stoff ved nedkjøling. Dette materialet har blant annet den egenskapen at det er ekstremt gjennomsiktig. Det representerer grunnstammen i optiske fibre, som i dag knytter verden sammen på en slik måte at en bokstavelig talt på noen få sekunder og et par tastetrykk kan bringe et sanntidsbilde av en hvilket som helst gate i en hvilken som helst by hvor som helst i verden, inn på sitt eget arbeidsrom (Earth Google). Informasjon

nær sagt av enhver art kan lastes ned på pc-er fra servere plassert hvor som helst i verden. Det er opplagt at den optiske fiberen har revolusjonert verden og er det fysiske grunnelementet i verdens viktigste infrastruktur i dag, som er Internett. At arbeidet til Kao har vært av stor nytte er det således ingen tvil om, og det er heller ingen tvil om at pristildelingen for dette grunnleggende og banebrytende arbeidet på alle måter er i samsvar med ånden i Alfred Nobel sitt testament.

Charge Coupled Devices

Den andre halvdel av årets nobelpris gis for arbeider med elektronisk lagring av bilder ved eksponering av overflater for lys. Hva en CCD er, og hvordan den kan brukes til å lage bilder, krever litt mer forklaring enn hva en optisk fiber er og hva den gjør. Mange som leser dette har vel bortimot glemt, eller aldri opplevd, hvordan det er å ta et bilde med en filmrull inne i et kamera, der filmen består av et lyssensitivt materiale som en måtte sende til fotograf for fremkalling, eller hvis en var noe bortimot profesjonell, kunne fremkalle selv. Dersom en forsøkte å forstørre bildet, ville det før eller siden dukke opp en kornstruktur i bildet. Disse kornene var så å si de minste områdene en kunne påvirke til å forandre farge ved å eksponere materialet for lys, en slags finstruktur. CCD-er er innretninger der en kan generere ladning lokalt på en overflate ved å eksponere den for lys, og deretter transportere de lokalt dannede ladningsfordelingene en etter en langs overflaten ut til en "read-out"-stasjon. Siden mengden av lokalt dannet ladning er proporsjonal med lysintensiteten i det eksponerte området, vil de ulike lokale ladningsfordelingene, etter å ha blitt lest ut en etter en med en indeks på seg som forteller hvor på overflaten de befant seg, kunne konverteres til et bilde som er dannet på overflaten.

Det er den fotoelektriske effekt (som Einstein fikk Nobelprisen for i 1921) som genererer de lokale ladningsfordelingene. Oppfinnerne kalte opprinnelig innretningen for "charge-bubble device" (i motsetning til "magnetic bubble device") fordi det innsendte lyset på overflaten ble konvertert til en ladningsboble i en liten boks definert på overflaten. Hele overflaten bestod av slike små bokser der ladningsbobler kunne dannes ved den fotoelektriske effekt, slik at hele overflaten kunne betraktes som en matrise der matriseelementene er ladningsbobler fanget i små bokser, og der mengden ladning i hver boks er proporsjonal med intensiteten til det

innsendte lyset lokalt på overflaten. De små boksene er laget av metalloksid-halvledere (MOS) der en med gate- spenninger kan redusere ladningsfordelingen lokalt slik at en får små bokser som er mer eller mindre tomme for ladning. Når lys treffer dette området vil den fotoelektriske effekt lage små ladningsbobler i disse fra før små ladningstomme områdene (boksene). Matrisen er altså små MOS-er som responderer på lys ved å lage ladningsbobler. Ved å dytte på disse boblene med pulsede spenninger kan en så flytte dem en etter en ut av matrisen, omtrent på samme måte som en fullsatt kinosal kan tømmes etter forestillingen ved at første rad tømmes først, deretter andre rad og så videre. Indeksen til hver ladningsboble som forteller hvor på overflaten den var, holdes styr på simpelthen ved å telle ladningsboblene idet de passerer utgangen. Dette kan sammenliknes med svært disiplinerte kinogjengere som høflig venter på sin tur. Da kan man regne seg tilbake til hvilket sete den enkelte satt på! Kornene i de gamle filmene er nå erstattet av bokser (pixler) definert ved de små MOS-ene, som i dag typisk er kvadrater med sidekant $10\text{ }\mu\text{m}$, men de kan også lages adskillig mindre. Bildene som er standard i dag er 2048×2048 piksler.

Det er interessant å sammenligne utviklingen av CCD-er i 1969 og deres bruk i for eksempel avbildning, med utviklingen av bølgeledere i form av optiske fibre for lystransmisjon og det årelange og nitidige arbeidet til Charles Kao. Boyle og Smith var begge ansatt på AT&T Bell Laboratories ved Murray Hill i New Jersey, på denne tiden ett av verdens aller fremste forskningslaboratorier både når det gjaldt anvendt og fundamental forskning. Stedet var enormt dynamisk og en la stor vekt på samhandling mellom eksperimentister og teoretikere. Dynamikken på stedet kom virkelig til uttrykk på en nesten ekstrem måte ved oppfinnelsen av CCD. På denne tiden jobbet man mye med magnetiske bobler som minnelagringsmedium ved Bell Labs. Sjefen for denne innsatsen beordret sine medarbeidere til å sette mer krefter inn på dette, slik at man kunne få en anvendbar minneteknologi på denne måten, og det litt kvikt! Sjefen for halvlederdivisjonen, på den annen side, så med en viss bekymring på en utvikling der hans egen avdeling ville bukke under for avdelingen for magnetisk minneteknologi. For å unngå dette beordret han derfor sine medarbeidere (etter å ha fått utvetydige signaler fra oven om hva som ellers ville skje) til å komme opp med et minneteknologikonsept basert på ladning og ikke på magnetisering. Jeg overlater ordet til George E. Smith:

Bill Boyle was Executive Director of the semiconductor part, and I was Department Head under him. Jack Morton (Vice President of Bell Labs) was anxious to speed up the development of magnetic bubbles as a major memory technology and was planning to transfer funds from Bill's division to the other where the bubble work was being done. For this not to happen, Morton demanded that Bill's division should come up with a semiconductor device to compete with bubbles. To address this demand, on October 17 1969, Bill and I got together in his office. In a discussion lasting not more than an hour, the basic structure of the CCD was sketched out on the blackboard, the principle of operation defined, and some preliminary ideas concerning applications were developed.

For enhver som har drevet aktivt med forskning er det svært vanskelig å ikke sitte igjen med adskillig beundring for hva Boyle og Smith la grunnlaget for i løpet av denne timelange diskusjonen, spesielt det geniale ved det sentrale operasjonsprinsippet (å telle disiplinerte kinogjengere ved utgangen). Det er nesten bare på et sted som Bell Labs, med stedets ekstreme samling av talent og fagkunnskap på den tiden, kombinert med en strikt kommandolinje, at slike resultater kan oppnås så raskt. Konsekvensene har vært formidable, for denne teknologien er hjørnesteinen i dagens avanserte digitale kameraer, scannere og avanserte instrumenter i medisin, og den brukes også i utstrakt grad til avbildning i astronomi. Hubble-teleskopet bruker for eksempel flere CCD-kameraer til å studere yttergrensene av universet. Som med prisen til Kao, har Nobelkomiteen med dette valgt å belønne forskning som i vesentlig grad har ledet til svært viktige anvendelser.

Litteratur

1. C.J. Hecht: *City of light. The story of fiber optics.* Oxford University Press (1999)
2. J.R. Janesick: *Scientific Charge-Coupled Devices.* SPIE Press (2001)

∞

Kjernevåpens fysikk og virkemåte

Heidi Kristine Toft *

Et kjernevåpen gir en eksplosiv energifrigjøring fra reaksjoner i atomkjerner. Kjernevåpen deles i to hovedklasser, fisjonsvåpen og termonukleære våpen, basert på hvilke reaksjoner som gir energifrigjøringen. I fisjonsvåpen virker bare fisjon, mens termonukleære våpen har både fisjon og fusjon. Det fins lite offisiell informasjon om kjernevåpen på grunn av hemmelighold, og ubekreftede tekster må leses kritisk. Her presenteres det forfatteren mener er sannsynlig fysikk og virkemåte for kjernevåpen.

Fisjonsvåpen

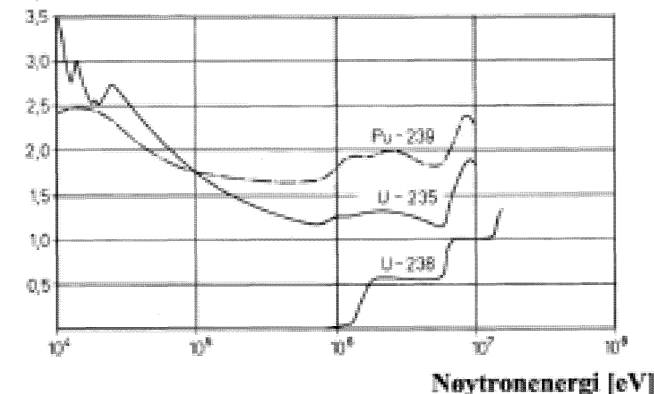
Fisjonsvåpen er den enkleste typen kjernevåpen og frigjør energi kun ved fisjon. En fisjon kan forekomme når en tung atomkjerne tar opp et nøytron og blir ustabil. Kjernen vil da dele seg i to mindre kjerner samtidig som overskytende nøytroner og en større energimengde blir frigjort. Enkelte isotoper av tunge atomkjerne har den egenskapen at en eksplosiv *kjedereaksjon* er mulig. Slike isotoper kaller vi *fissile*. I en eksplosiv kjedereaksjon vil nøytroner fra én fisjon brukes til å spalte nye kjerner, sånn at nye nøytroner sendes ut, som igjen spalter flere kjerner og så videre.

I fisjonsvåpen er brenselet som regel de fissile isotopene ^{235}U og/eller ^{239}Pu . Fisjon av en slik kjerne vil typisk frigjøre 2–3 nøytroner og en energi på rundt 200 MeV. Naturlig uran består av bare 0,7 % ^{235}U , mens ^{239}Pu ikke fins i naturen. Det betyr at uansett hvilket fissilt materiale man ønsker, kreves store produksjonsanlegg.

I naturlig uran er hovedbestanddelen ^{238}U . Denne isotopen er ikke fissil. I motsetning til ^{235}U og ^{239}Pu har nemlig ^{238}U et partallig antall nøytroner, noe som gjør kjernen mer stabil. Men selv om ^{238}U ikke kan opprettholde en kjedereak-

sjon, kan enkelte av kjernene fisjonere og bidra til energiutviklingen dersom energien til det absorberte nøytronet er høy. En isotop med denne egenskapen kalles *fisjonerbar*. Figur 1 viser at fisjon av ^{238}U krever en nøytronenergi minst i størrelsesorden 1 MeV. De fleste nøytronene som produseres i fisjon og derfor er til stede i fisjonsvåpenet, har for lav energi til å forårsake fisjon av ^{238}U .

Fisjonstverrsnitt
 $\sigma_{\text{f}} [\text{barn}]$



Figur 1. Sannsynlighet for fisjon som funksjon av nøytronenergi for ^{235}U , ^{238}U og ^{239}Pu . Fisjon av ^{238}U krever en nøytronenergi minst i størrelsesorden 1 MeV. Hentet fra K.H. Lieser: Nuclear and Radiochemistry, (2001) side 203. Copyright Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. (Gjengitt med tillatelse.)

Mellom de positivt ladde protonene i en atomkjerne virker det en frastøtende elektrisk kraft som er proporsjonal med Z^2 , der Z er antallet protoner. Når kjernen likevel holdes samlet uten at protonene flyr fra hverandre, skyldes det at de frastøtende kreftene blir kompensert av en annen type kraft som er tiltrekkende. Denne kraften kalles *den sterke vekselvirkningen*. Den sterke vekselvirkningen virker på begge typer nukleoner, altså også på nøytroner. I tunge atomkjerne med mange protoner, som uran og plutonium, er de frastøtende elektriske kreftene store. For likevel å holde kjernen sammen er det

* Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

nødvendig at de tunge kjernene består av spesielt mange nøytroner. I dette ligger årsaken til at fisjon gir et nøytronoverskudd.

Den sterke vekselvirkningen er, som navnet tilsier, en veldig sterk kraft. Kraften som holder nukleonene sammen i atomkjerner, er i størrelsesorden en million ganger større enn kraften som holder atomene sammen i molekyler. Derfor forstår vi hvorfor en kjernevåpeneksplosjon, der reaksjonene foregår mellom nukleonene, er så mye kraftigere enn en kjemisk eksplosjon, der reaksjonene foregår mellom atomer/molekyler. For å presisere energiens opphav foretrekker vi å benytte betegnelsen *kjernevåpen* fremfor "atomvåpen". En kjekk huskeregel er navnet på foreningen "Nei til Atomvåpen"...

Når fisjoner pågår i en ansamling fissilt materiale, vil en del nøytroner gå tapt uten å ha ført til ny fisjon. Det kan skyldes nøytronlekkasje gjennom ansamlingens overflate, eller at nøytroner blir absorbert av kjerner uten at de fisjonerer etterpå. Med økende masse øker sannsynligheten for at nøytronene skaper nye fisjoner fremfor å lekke ut. *Kritisk masse* til en gitt fissil ansamling defineres som den minste massen som kan gi kjedereaksjon. Den er en variabel som blant annet er avhengig av ansamlingens form, massetetthet og renhetsgrad i den fissile isotopen.

Kuleform gir minst mulig overflate og følgelig minst mulig nøytronlekkasje ut av bomben. Kuleformede ansamlinger går derfor kritisk med mindre masse enn andre former. Kompresjon er også et effektivt virkemiddel for å redusere den kritiske massen. Kritisk masse (m_c) er inverst proporsjonal med kvadratet av massetettheten (ρ):⁽¹⁾

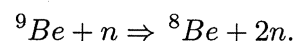
$$m_c \sim \frac{1}{\rho^2}.$$

Hvis man for eksempel komprimerer en kule som er akkurat kritisk til tredobbel massetetthet, reduseres kritisk masse til en niendedel, og ansamlingen blir da til ni kritiske masser.

Et kjernevåpen blir ikke bra om det består av kun én kritisk masse når kjedereaksjonen begynner. Et kjernevåpen må ha en *overkritisk* masse, slik at forholdene er mer enn gode nok for kjedereaksjon. Når energifrigjøringen begynner, vil det skapes høye temperaturer og trykk som gjør at ansamlingen ekspanderer. Da fjernes kjernene fra hverandre slik at massetettheten reduseres. Hvis ansamlingen ikke hadde vært godt overkritisk i starten, ville kjedereaksjonen altfor tidlig ha blitt underkritisk

og stoppet opp. Energifrigjøringen fra en kjernefysisk eksplosjon er eksponentiell som funksjon av tiden, slik at det aller meste av den frigjorte energien kommer på slutten av kjedereaksjonen. Hvis kjernevåpenet skal ha stor sprengkraft, er det viktig at kjedereaksjonen varer tilstrekkelig lenge.

Ikke-fissile materialer med høy massetetthet, for eksempel naturlig uran eller wolfram, kan legges rundt det fissile materialet i bomben for å forsinke ekspansjonen. Da øker utbrenningsgraden i det fissile materialet, slik at sprengkraften øker. Denne typen anordning kalles *sprengmatte* eller *tamper*. Bomben kan også omslutes av et materiale som gjennom spredning reflekterer nøytroner som er på vei ut av bomben, inn igjen. En slik *nøytronreflektor* vil redusere kritisk masse og dermed redusere behovet for fissilt materiale. Beryllium er et godt reflektormateriale fordi det har en nøytronmultipliserende evne:



Siden naturlig uran er fisjonerbart og også produserer nøytroner, er naturlig uran et godt kombinasjonsmateriale for både sprengmatte og reflektor.

Tabell 1 viser kritisk masse for ${}^{235}\text{U}$ og ${}^{239}\text{Pu}$ med og uten nøytronreflektor, samt anslag for hvilke masser som i praksis kan antas å bli brukt i fisjonsladninger.

Tabell 1. Verdiene for kritisk masse er gitt for nær 100 % isotopenhet. Verdiene for plutonium er angitt for den såkalte δ -fasen, som vanligvis brukes. Nøytronreflektoren består av 10 cm naturlig uran. Isotopenhetsgraden i fisjonsladningen kan antas å være "flere og nitti" prosent.

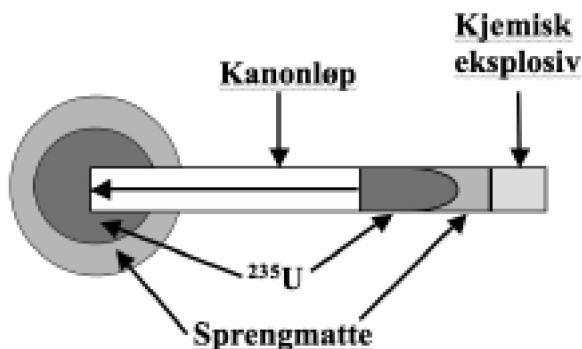
	${}^{235}\text{U}$	${}^{239}\text{Pu}$
Kritisk masse for bar kule	46 kg	16 kg
Kritisk masse for kule med nøytronreflektor	15 kg	6 kg
Anslag på masse i fisjonsladning	5-10 kg	2-5 kg

Et fisjonsvåpen må bestå av en ansamling fissilt materiale som i utgangspunktet er underkritisk, slik at våpenet ikke går kritisk av seg selv. Under detonasjonen gjøres ansamlingen overkritisk gjennom å endre en eller flere parametere som bestemmer den kritiske massen.

Kanonmodellen

Den enkleste typen fisjonsvåpen er kanonmodellen. I kanonmodellen består det fissile materialet av to underkritiske deler ^{235}U , der den ene delen skytes hurtig inn i den andre delen, som er hul. Siden formen optimaliseres og massen økes, blir ansamlingen overkritisk. En nøytronkilde slipper så løs frie nøytroner på det optimale tidspunktet, og den kjernefysiske eksplosjonen starter. Figur 2 viser en prinsippskisse av kanonmodellen.

I kanonmodellen fungerer ^{239}Pu dårlig som fissilt materiale fordi plutonium i for stor grad undergår spontane fisjoner. Spontane fisjoner frigjør nøytroner som kan sette i gang kjedereaksjon for tidlig, før delene har rukket å bli ført tilstrekke-



Figur 2. I kanonmodellen skytes to underkritiske deler av ^{235}U sammen slik at ansamlingen blir overkritisk.

lig sammen og ha skapt den nødvendige overkritikaliteten.

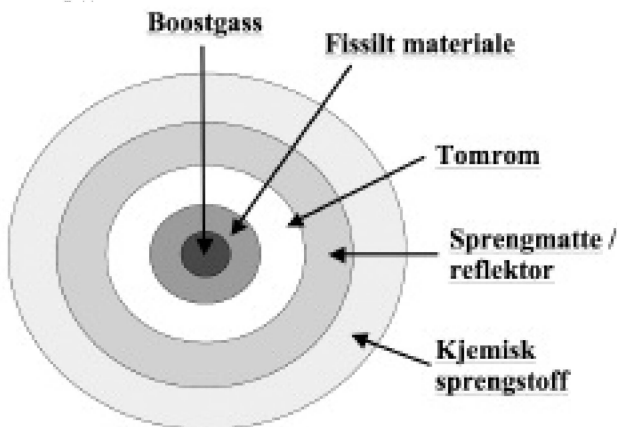
Kjernevåpenet som i 1945 rammet Hiroshima, Little Boy, var av kanonmodell. Prinsippet kan fremstå som enkelt. Men bomben hadde likevel en lengde på 3 meter og veide 4000 kg. Derav utgjorde det fissile materialet kun 64 kg.

Sprengkraften til kjernefysiske eksplosjoner har enhet kilotonn (kt) og angir antall tusen tonn TNT som ville gitt tilsvarende sprengkraft. Ett kilotonn tilsvarer $4,18 \cdot 10^{12}$ J. Little Boy hadde en sprengkraft på 13–18 kt.

Implosjonsmodellen

Den andre mulige typen fisjonsvåpen er implosjonsmodellen. Implosjonsmodellen har en hurtigere kritikalitetsvekst enn kanonmodellen, slik at velegnet fissilt materiale ikke bare er ^{235}U , men også ^{239}Pu . I implosjonsmodellen starter man med et underkritisk kuleskall av fissilt materiale. Under detonasjonen forårsaker et omliggende kjemisk eksplosiv et innoverrettet trykk som komprimerer skallet

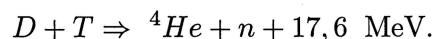
til en liten kule i midten. En slik innoverrettet eksplosjon kalles *implosjon*. Fordi implosjonen forårsaker økt massetetthet og endrer formen fra kuleskall til kule, blir ansamlingen overkritisk. En nøytronkilde starter kjedereaksjonen. Figur 3 viser en prinsippskisse for implosjonsmodellen.



Figur 3. I implosjonsmodellen fører en implosjon (innoverrettet eksplosjon) til at det fissile materialet presses sammen og blir overkritisk.

Bomben som ble sluppet over Nagasaki, Fat Man, hadde en sprengkraft på 21–22 kt. Den hadde ^{239}Pu som fissilt materiale og naturlig uran i sprengmatten.

En vesentlig forbedring, såkalt *boosting*, kom i 1951. Boosting utnytter fusjon (sammensmelting) av deuterium og tritium, som er hydrogenisotoper med henholdsvis ett og to nøytroner i kjernen. I midten av boostede fisjonsvåpen er en gassblanding av deuterium (D) og tritium (T). Hydrogenkjernene smelter ikke uten videre sammen fordi atomkjernene er positivt elektrisk ladde og derfor frastøter hverandre. Men etter at fisjonseksplosjonen er kommet i gang, vil det bli meget høyt trykk og høy temperatur slik at fusjonene kan finne sted. En fusjon frigjør ett nøytron og en mindre mengde energi:



Fusjonsnøytronet får en energi på 14 MeV og er svært høyenergetisk. Et slikt nøytron vil raskt indusere en ny fisjon, og denne fisjonen vil produsere ekstra mange nøytroner. Noen få gram deuterium- tritiumgass gir derfor et kraftig fisjonsboost som forårsaker en vesentlig økning av våpenets sprengkraft. Da reduseres behovene for fissilt materiale og sprengmatte, slik at fisjonsvåpenet kan gjøres mindre og lettere. Mengden boostgass kan reguleres før avfiring, hvilket gjør at boosting også gjør sprengkraften variabel.

Termonukleære våpen

Fisjonsvåpen har historisk vært detonert med sprengkraft opptil rundt 500 kt. Fisjonsvåpen vil ha en begrensning på sprengkraft siden det er begrenset hvor mye fissilt materiale man kan tilføre fisjonsladningen uten at den går overkritisk. Parallelt med utviklingen av boosting forsket USA og Sovjetunionen også på *termonukleære våpen*, også kalt *fusjonsvåpen* eller "hydrogenbomber". Dette var en helt ny kjernevåpenmodell som skulle inneholde større mengder fusjonsbrensel for å øke sprengkraften til nye høyder.

Hybridmodellen

De første forsøkene på termonukleære våpen hadde fissilt materiale i direkte kontakt med fusjonsmaterialet, for eksempel lagvis. Eksplosjon av det fissile materialet gav det høye trykket og temperaturen for at fusjonsmaterialet kunne begynne å fusjonere. Modellen kan betraktes som en fisjonsbombe med forsterket boosting, altså en slags fisjonsfusjons-hybrid. En prøvesprengning av en sovjetisk hybrid, Joe-4, gav i 1953 en sprengkraft på rundt 400 kt, derav 15–20 % fra fusjon.

Det var ikke mulig å skalere hybridens sprengkraft opp til multimegatonklassen. En av de viktigste forklaringene på det er nok at antallet fusjoner ble begrenset fordi temperaturen sank så fort. Varmeutstrålingen per tid følger Stefan-Boltzmanns lov og går som fjerde potens av temperaturen, altså enormt raskt for så høye temperaturer som det er i en kjernefysisk eksplosjon. Hybridmodellen ble forlatt etter at den såkalte *Teller-Ulam-modellen* gav USA det termonukleære gjenombruddet.

Teller-Ulam-modellen

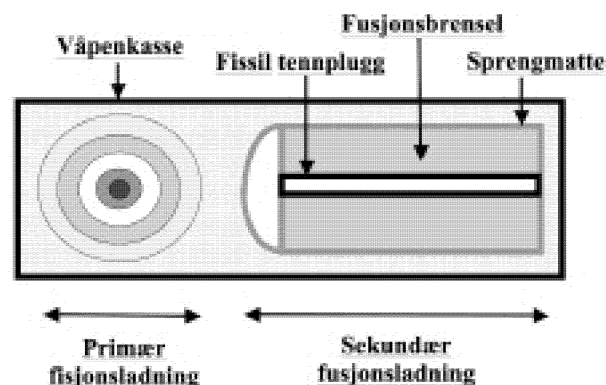
Den første Teller-Ulam-bomben, Ivy Mike, ble prøvesprengt av USA i 1952 og gav en sprengkraft på 10 Mt.

I 1979 avgraderte USA følgende om Teller-Ulam-modellen: *Radiation from a fission explosive can be contained and used to transfer energy to compress and ignite a physically separate component containing thermonuclear fuel. Note: Any elaboration of this statement will be classified.*"⁽²⁾

Den omtalte strålingen må være røntgenstråling. Mesteparten, faktisk rundt 80 %, av den umiddelbare energien fra en kjernefysisk eksplosjon består av røntgenstråling.⁽³⁾ I hybridmodellen var

denne energien ikke utnyttet. Fysisk separasjon av fisjonsladningen og fusjonsmaterialet gjør at røntgenstrålingen, som beveger seg med lysets hastighet, ankommer fusjonsladningen før de andre effektene. Fisjonsladningen, som detonerer først, kalles *primærladningen*, mens fusjonsladningen (eller den termonukleære ladningen) kalles *sekundærladningen*. Sekundærladningen gir typisk det aller største bidraget til sprengkraften.

Det er usikkert hvordan røntgenstrålingen egentlig forårsaker kompresjonen, den såkalte *strålingsimplosjonen*, av sekundærladningen. Det er vanlig å anta at en sprengmatte rundt fusjonsmaterialet er sentral i mekanismen. Røntgenstrålingen antas å varme opp overflaten av sprengmatten slik at det ytre laget fordampes eksplosivt (*ablasjon*). Rekylen gir en implosjon av fusjonsmaterialet, og kompresjonsgraden har vært anslått til typisk en faktor tusen. Merk at en fisjonsbombe som er kraftig nok til å ødelegge en hel by, brukes til å komprimere en mindre mengde fusjonsbrensel. På grunn av den store kompresjonen av fusjonsmaterialet øker reaksjonshastigheten på fusjonene. Derfor vil man i denne modellen få en skikkelig utbrenning av fusjonsmaterialet.

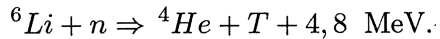


Figur 4. I Teller-Ulam-modellen brukes røntgenstrålingen fra en implosjonsladning (primærladningen) til å antenne fusjonsmaterialet (sekundærladningen), og de svært høyenergetiske nøytronene fra fusjonsreaksjonene brukes til å fisjonere sprengmatten av naturlig uran.

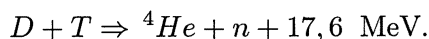
Figur 4 viser en prinsippskisse for de eldste utgavene av Teller-Ulam-våpenet. *Våpenkassen*, som holder røntgenstrålingen inne, består av stål eller aluminium. Implosjonsladningen er boostet. Sekundærladningen er sylinderformet. Sprengmatten rundt fusjonsmaterialet er gjerne av naturlig uran. Fusjonsmaterialet består av litiumdeuterid

(LiD). I midten av sekundærladningen er det en hul plutoniumsstav (*tennplugg*).

Strålingsimplosjonen gjør at tennpluggen går kritisk og gir en fisjonseksplisjon. Nøytroner kommer i omløp, og LiD produserer tritium:



Fra LiD får man altså både deuterium og tritium. Fisjonseksplisjonen vil også gi oppvarming av fusjonsbrenselet. På grunn av både ekstremt høy temperatur og ekstremt høy kompresjon starter fusjonsreaksjonene:



Folk har gjerne en oppfatning av at årsaken til at termonukleære kjernevåpen kan ha en enorm sprengkraft er at fusjon frigjør mye energi. Det er ikke tilfelle. En fusjon frigjør om lag en tiendedel av energien fra en fisjon. (Det vil imidlertid være tilfelle at sprengkraften *per masse* er høyere for fusjon. Men det skyldes at hydrogen har lavere massetetthet enn uran/plutonium, slik at man da sammenligner veldig forskjellige volumer.) Ressursen i fusjonsreaksjonene er todelt. Noe energi produseres, men vanligvis er antagelig det viktigste produksjonen av høyenergetiske fusjonsnøytroner på 14 MeV. Disse nøytronene kan brukes til å gi en forsterket fisjonsprosess.

Fusjonsnøytronene vil fisjonere ${}^{238}\text{U}$ i sprengmatten av naturlig uran som er rundt fusjonsmaterialet. Forenklet kan man da si at det termonukleære våpenet først gir fisjon i primærladningen og i tennpluggen, så fusjon i fusjonsmaterialet og til slutt mer fisjon i sprengmatten. Faktisk kan fisjonsforbrenningen av sprengmatten gi det største energibidraget i det termonukleære våpenet.

Hvis sprengmatten byttes ut med wolfram eller bly, reduseres både sprengkraften og fisjonsbidraget. Det er mulig å bygge enormt kraftige termonukleære kjernevåpen som er basert nesten utelukkende på fusjon. Den kraftigste prøvesprengningen som noen gang har blitt gjennomført, bestod av 97 % fusjon. Det var den sovjetiske Tsar Bomba som i 1961 gav en sprengkraft på 50 Mt, hvilket er hele 2500 ganger fisjonsbombene fra 1945! Nå skal det sies at denne bomben egentlig skulle ha hatt dobbelt så stor sprengkraft ved hjelp av fisjon, men at sprengmatten av naturlig uran ble byttet ut med wolfram av hensyn til miljøkonsekvensene som ville følge med en slik prøvesprengning.

Slike vanvittig kraftige termonukleære våpen som Tsar Bomba antas å ha vært bygd opp av en

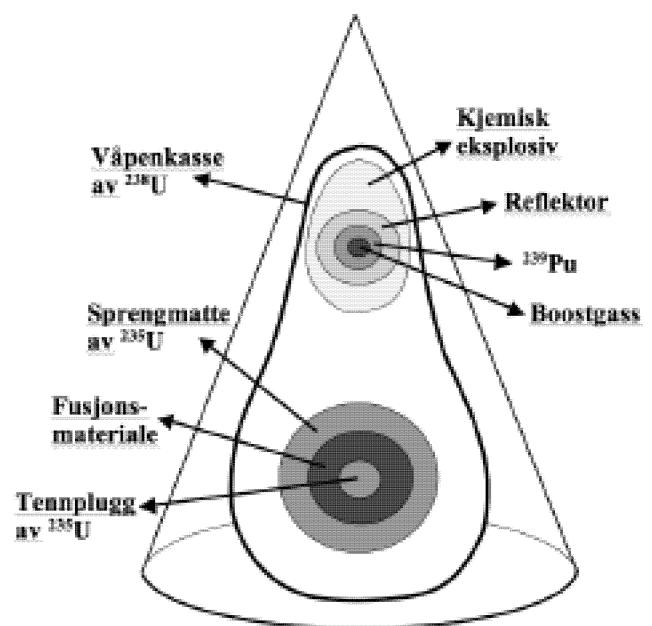
ekstra fusjonsladning. Den såkalte *tertiærladningen* er større enn sekundærladningen og blir antent av røntgenstrålingen fra denne.

Termonukleære kjernevåpen blir ofte oppfattet å ha en enorm sprengkraft, men det trenger ikke være tilfelle. Sprengkraften til termonukleære våpen kan lages i hele spekteret. Faktisk kan sprengkraften gjøres variabel og stilles inn før avfyring. I praksis vil nok begrensninger pålegges. Muligens er sprengkraften på eksisterende våpen i verste fall på opptil 3–4 Mt.

Moderne kjernevåpen

En rekke kjernevåpenstater har i dag Teller-Ulam våpen. Teller-Ulam-modellen er så gunstig at når en stat behersker den, kan vi gå ut fra at disse våpnene vil utgjøre en stor andel av arsenalet.

Figur 5 viser en tegning av et moderne, amerikansk Teller-Ulam-våpen. Denne varianten består antagelig av 6500 komponenter, har en vekt på kun noen hundre kg, og har en middels stor sprengkraft på rundt 500 kt.



Figur 5. I denne moderne varianten av Teller-Ulam-modellen er våpenkassen gjort peanøttformet og fusjonsladningen kuleformet, mens våpenkassen nå består av ${}^{238}\text{U}$ og sprengmatten av ${}^{235}\text{U}$.

Som vi ser, er form og materiale blitt videreutviklet i forhold til de gamle variantene. Stridsodet er kjegleformet, og for å prioritere størrelsen på sekundærladningen er denne plassert i den største enden av kjeglen. Våpenkassen er peanøtt-

formet, antagelig for å optimalisere utbredelsen av røntgenstrålingen. Materialet i våpenkassen er erstattet med fisjonerbart ^{238}U for å få enda mer fisjon. Primærladningen er blitt gjort mindre og lettere ved å bruke beryllium som reflektor. Det kjemiske eksplosivet er blitt rugbyball-formet for bedre tilpasning til det kjegleformede stridshodet, og eksplosivet er topunktsdetonert. Sekundærladningen er gjort kuleformet fordi det gir en forsterket kompresjon. Sprengmatten i sekundærladningen består nå av fissilt ^{235}U , kanskje fordi denne isotopen er mer potent enn ^{238}U . Det antas at nesten all energien fra denne Teller-Ulam-modellen kommer fra fisjon.

Vanskelighet og terrorisme

Kjernevåpen er heldigvis vanskelige å bygge. Det aller vanskeligste i prosessen er å produsere fissilt materiale. En teknisk utviklet stat får nok til å bygge kjernevåpen hvis den får jobbe uhindret. Terrorister, derimot, kan ikke produsere fissilt materiale og må stjele ferdigproduserte kvanta.

Sverige hadde et kjernevåpenprogram frem til 1968. Basert på sin egenhendige erfaring har Sverige vurdert risikoen for at terrorister med tilgang til fissilt materiale skulle klare å bygge den enkleste typen kjernevåpen: "Fisjonsladningens prinsipp er beskrevet i oppslagsverk og er forledende enkelt, men skjuler mulighetene for feilskjær, noe som ofte illustreres i papirbombene som har vært offentliggjort. Det er ikke lett å bygge en fungerende ladning. (...) Fra kun et teknisk ståsted kunne man ikke utelukke at en terrorgruppe kunne lykkes med hjelp av samvittighetsløse spesialister. Med hensyn til kravene på kompetanse og ressurser, og at arbeidet må gjøres i det skjulte og trolig under tidspress, er det ytterst usannsynlig at en eller noen enkeltstående personer skulle kunne løse oppgaven. Det er sannsynligvis ikke mulig for en terrorist å stjele og utløse et kjernevåpen."⁽⁴⁾

Ingen stater har anvendt kjernevåpen siden andre verdenskrig. Men hvis en ressurssterk terroristgruppe ved hjelp av stjålet fissilt materiale og innleide spesialister faktisk skulle lykkes med å bygge et kjernevåpen, vil denne gruppen ikke ha de samme barrierene mot bruk!

Referanser

1. R. Serber: *The Los Alamos Primer – The First Lectures on How To Build An Atomic bomb*. University of California Press (1992), side 27 og 60.
2. U.S. Department of Energy: *Restricted Data Declassification Decisions – 1946 to Present*. (2001). Tilgjengelig hos Federation of American Scientists: <http://www.fas.org/sqp/othergov/doe/rdd-7.html>
3. S. Glasstone og P.J. Dolan: *The Effects of Nuclear Weapons*. United States Department of Defense og Energy Research and Development Administration (1977)
4. Försvarets forskningsanstalt (FOA): *FOA orienterar om Kärnvapen* (1990), samt personlig kommunikasjon med Totalförsvarets forskningsinstitut, (2008). (Oversatt av undertegnede.)

∞

Husk å melde
adresseforandring!

Atombombespionene – Del III

*Sven Oluf Sørensen **

Spionasjen mot Manhattanprosjektet er beskrevet i to tidligere artikler i FFV (nr. 4/2008 og nr. 1/2009). Inntil relativt nylig har nesten all spionasje mot Los Alamos vært tilskrevet Klaus Fuchs. Men nå mener mange at andre spioners informasjoner var vel så betydningsfulle for russerne. I denne artikkelen vil deres virksomhet bli beskrevet.

Ted Hall

Fra sommeren 1944 av var et av de høyest prioriterte prosjektene i Los Alamos å uteksperimentere tenningsmekanismen ved implosjon for plutonium-bomben "Fat Man". Dette var en av de mest hemmeligholdte aktiviteter i laboratoriet. Det paradoksale var at akkurat i denne virksomheten var det plassert to av de mest betydelige spionene, Klaus Fuchs for teoretiske beregninger og David Greenglass i verkstedet for den mekaniske utførelsen av deler til tenningsmekanismen. Men allerede i januar 1944 var en tredje spion plassert i det samme laboratoriet. Det var den 18-årige Harvard-studenten Ted Hall.

Theodore Alvin Hall, "Ted", ble født i New York den 20. oktober 1925. Hans fars, Barney Holtzbergs familie kom fra Russland til USA i 1893.

I 1900 hadde Teds farfar startet en pelshandel nær Washingtons Square. Under depresjonen i 1929 brøt Holtzbergs firma sammen, og familien måtte flytte til en ukomfortabel leilighet i New York.

Teds far var ingen politisk aktivist. Men depresjonen førte familien over til den politiske venstresiden. Familien ble fort klar over at Teds begavelse var meget spesiell. Hans elleve år eldre bror, Ed, som ble ingeniør i US Air Force, tok kommandoen over Teds utdanning. Ted viste meget tidlig at han hadde spesielle evner for matematikk og fysikk, og Ed fulgte opp denne interesse hos Ted.

Da Ted var tolv år fikk han plass på den pres-



Theodore Alvin Hall, "Ted", (1925-1999)

tisjefylte Townsend Harris High School som var en gratisskole for intellektuelt begavede gutter. Da hans mor spurte Ted hva han ville ha til sin tolvårs fødselsdag, svarte han: Den engelske astronom Sir James Jeans: "The Mysterious Universe".

Høsten 1940 begynte Ted på Queens College som var en filial av New York University. Her briljerte han i matematikk og fysikk. Men broren Ed, degraderte Queens College til å være bare en High School og sa at den 16 år gamle Ted "kastet bort sin hjerne" ved å gå der. Ed overtalte broren til å forsøke å komme inn på Harvard University.

Sommeren 1942 søkte Ted opptagelse på Harvard. Selv om han søkte etter at søknadsfristen var løpt ut, ble han akseptert, og høsten 1942 ankom han Harvard. Grunnen var at Harvard president, James B. Conant, hadde begynt å forandre Harvard-universitetet til å gi bidrag til USAs krigføring, og søkte å tiltrekke seg studenter med spesiell interesse for matematikk, fysikk og kjemi.

En av de tilfeldighetene som bidro til å føre Hall inn i spionasjevirkosomhet var at han ble innlosjert i Harvard's "Leverett House" sammen med to ledende kommuniststudenter, Jake Bean og Barney

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

Emmart. Leverett House hadde klengenavnet "Little Moscow".

Våren 1943 ble Ted tildelt et 200 \$ stipendium. På grunn av sine resultater, og samtidig, selv om han bare var 17 år, ble han av Physics Department bedt om å være instruktør i elementærfysikk for armérekutter som begynte å fylle opp Leverett House. Ved siden av fysikken begynte han også å fordype seg i Marxistisk teori.

Da høstsemesteret startet i oktober 1943, hadde Teds romkamerater, Bean og Emmart, flyttet til et annet kvarter, og Ted ble innkvartert i Lowell House. Der fikk han to nye romkamerater, Roy Glauber og Saville Sax, som kom til å spille en rolle i hans utvikling som spion.



Saville Sax, "Savy", (1924–1980)

Til å begynne med delte Hall rom bare med Roy Glauber. Da begge var interessert i fysikk, var det naturlig at de bestemte seg for å dele et tomannsrom. Det var mer overraskende at en tredje student, Saville Sax, også ønsket å dele rommet med dem. Glauber og Hall syntes at Saville Sax, "Savy", var et av de merkeligeste mennesker de hadde møtt. Han var mørk, vimsete og bohem da han i september 1942 kom til Harvard for å utdanne seg til forfatter eller dikter, og var en fortaapt sjel på Harvard.

Sax kom fra en familie av fattige russiske emigranter som i 1914 unnslopp fra pogromene i gettoen i Vinnitsa i Ukraina. Hans far, Boris Sax, var kommet i vanskeligheter etter at han offentlig hadde kritisert den russiske tsaren, og ble i hele sitt liv en tilhenger av den russiske revolusjonen. I likhet med Ted Halls far var Boris Sax i 1920- og 1930-årene

blitt rik på en tapiseriforretning. I motsetning til Ted Halls familie hadde Sax' familie gjort lite for å integrere seg i det amerikanske samfunnet. Alle som de kjendte var russiske kommunister, og mange av dem kom fra den samme landsbyen i Ukraina.

Sax hadde vanskelig for å konsentrere seg om sine studier. Dessuten hadde han et par andre handikap, bl.a. en deformert venstrehånd. I perioden hvor han delte rom med Hall og Glauber var det ikke hans diktning som betydde mest for ham, men hans politiske holdninger som han hadde fra sine foreldre. Til tross for forskjellige akademiske interesser ble Hall og Sax nære venner på grunn av deres felles politiske synspunkter.

Sommeren 1942 hadde T. Robert Oppenheimer ved Universitetet i California, samlet sammen et halvt dusin av USAs beste teoretiske fysikere for å planlegge en amerikansk atombombe. En av disse var den senere nobelprisvinner John H. van Vleck som var professor i teoretisk fysikk ved Harvard. Van Vleck var imidlertid en venn av Vannevar Bush. Det som Bush trengte var en gruppe unge begavede studenter som kunne arbeide under Hans Bethe i teorigruppen i Los Alamos. Van Vleck hadde lagt merke til Ted Hall og Roy Glauber som spesielt dyktige studenter. Det var derfor naturlig at når Bush sendte sin personalsjef, Merill Hardwick Trytten, fra Washington til Harvard innkalte denne Ted Hall og Roy Glauber til høring. Denne eksaminasjonen fant sted i dagene omkring 20. oktober 1943 som var Teds 18-årsdag, da han skulle innkalles til militærtjeneste. Da Hall spurte personalsjefen om projektet, svarte denne at det var meget hemmelig og meget viktig for krigføringen. Etter høringen gikk Ted tilbake til Lowell House hvor han kom i diskusjon med et par andre studenter som også hadde vært til høring. Tilfeldigvis overhørte Saville Sax denne diskusjonen. Da Sax forsto at Ted skulle bli sendt bort til et ukjent sted for å utføre hemmelig militær forskning, hvisket han til Ted: "Hvis dette resulterer i et virkelig fryktelig våpen, burde du fortelle russerne om det." Ted Hall ble ikke opprørt over forslaget å gi hemmeligheter til Sovjetunionen. Han hadde allerede selv lekt med den samme tanken. Det som overrasket Ted var at den samme ideen hadde kommet til Sax. Ted tok Sax til side og hvisket til ham: "Tal aldri, absolutt aldri, til noen om dette. Ikke engang som spøk!" Men Hall og Glauber var nå blitt rekruttert som juniorfysikere på "the Hill", som var de innviedes sjargonguttrykk for atomlaboratoriet Los Alamos.

Ted Hall i Los Alamos

Den 27. januar 1944 ankom Ted Hall og Roy Glauber med jernbanetoget fra Chicago til en ødslig landsby Lamy i New Mexico. Der ble de mottatt av en mann som presenterte seg som Mr. Newman. Det viste seg å være den verdensberømte matematiker John von Neumann. Etter en del kjøring med bil ankom de Los Alamos.

Ved en rekke heldige omstendigheter ble Ted Hall plassert i en eksperimentalgruppe hvor sjefen var den kjendte italienske kosmisk strålingsfysikeren Bruno Rossi. I midten av mars 1944 hadde Phil Kontz og Ted Hall fått tilsendt en metallplate med anriket uran fra Oak Ridge. De bombarderte dette preparatet med høyenergetiske nøytroner fra Van de Graff-maskinen, og den 15. april 1944 kunne Rossi for første gang angi de viktige dataene for virkningstverrsnittet av hurtige nøytroner på U(235).

I oktober 1944 fikk Ted Hall en to-ukers permisjon fra Los Alamos. Han valgte å reise til New York for å feire sin 19-års fødselsdag med sine foreldre i Forest Hill. På dette tidspunkt hadde Hall besluttet å informere russerne om Los Alamos og det anglo-amerikanske atombombeprosjektet.

Den kjennskap man har til Ted Halls spionasjevirkksomhet stammer hovedsakelig fra det tidligere nevnte anglo-amerikanske VENONA-prosjektet for tydningen av de kodede meldingene mellom de sovjetiske ambassadene i vest og Moskva. Disse opplysninger kunne imidlertid ikke brukes som bevis i en rettssak, da det ville avsløre at Sovjet-kodene var oppdaget. Ted Hall ble derfor aldri anklaget i en rettssak. Allikevel har han i skriftlige erklæringer og radiointervjuer i 1997 og 1998, uttalt at anklagene mot ham for å være spion var riktige. Som et motiv for sin spionasjevirkksomhet sa han blant annet: *An American monopoly on nuclear weapons was dangerous and should be avoided. To help prevent that monopoly I contemplated a brief encounter with a Soviet agent, just to inform them on the existence of the A-bomb project. I anticipated a very limited contact. With any luck it might easily have turned out that way, but it was not to be.*

Kontakt med russerne

I midten av oktober 1944 ankom Hall til New York. Men før han tok opp forbindelsen med russerne oppsøkte han Saville Sax. Grunnen var at Halls lojale venn, Sax, var den eneste han kunne stole på ville forstå og hjelpe ham i hans konspiratoriske kontakter med russerne.

Ted Halls plan var å oppsøke det sovjetrussiske handelskompaniet AMTORG i New York. Der håpet han å finne en måte å underrette russerne på om Manhattanprosjektet. Det var få amerikanere som visste at dette 1,5 milliard dollar import-/eksportfirmaet dekket over et nettverk av russiske spioner og deres amerikanske agenter. Men Hall ble ikke hørt på i AMTORG og måtte forlate firmaet med uforrettet sak. Men før han gikk ut av bygningen kom han i snakk med en funksjonær på et lager. Hall forklarte ham situasjonen, og den velvilige mannen ga Hall adresse og telefonnummer til en person ved navn Sergei Kurnakov. Denne var kjent som forfatter og journalist og "militæranalytiker" for kommunistiske aviser i New York, og var nu russisk etterretningsagent. Hall besluttet så hurtig som mulig å arrangere et møte med Kurnakov i dennes leilighet i Lower-Manhattan. Kurnakov forsto fort at Hall var en meget oppvakt 19-åring, da denne leverte ham dokumenter som blant annet inneholdt en rapport som Hall hadde skrevet om Los Alamos.

Men parallelt med Ted Halls forbindelser med Kurnakov hadde Saville Sax på sin side kontaktet ARTKINO, en gren av det russiske firmaet for kultur og propaganda i New York, som produserte og distribuerte Sovjet-filmer i Amerika. Sax hadde et møte med presidenten og lederen av ARTKINO, Nikola Napoli. Men denne trodde ikke på de opplysningene som den noe shabby studenten hadde å tilby ham. Napoli var imidlertid ikke helt avvisende, og anbefalte Sax å kontakte den samme russiske etterretningsoffiseren som Ted Hall var henvist til, Sergei Kurnakov. Men Kurnakov var en underordnet offiser i det russiske etterretningssystemet og hadde ikke fullmakt til å etablere en formell forbindelse med de to studentene.

På sin side ble Hall og Sax enige om at Sax skulle oppsøke en person høyere oppe i hierarkiet enn Kurnakov. Kort tid etter banket Sax på hos det sovjetrussiske konsulatet i New York. Da den noe loslitte studenten Sax ankom i resepsjonen, hadde han en "cover story" for å kunne passere. Han ville spørre om skjebnen til sin mors familie som muligens hadde vært blant de 100 000 jødene som var forsvunnet i Holocaust i provinsen Vinnitsa i Ukraina. Sax oppnådde et møte med den tidligere omtalte Anatoli Yatzkov (Yakovlev), som hadde vært Klaus Fuchs' kontrolloffiser.

Anatoli Yatzkov fikk ikke tak i sjefen for New York-avdelingen for sovjetisk vitenskapelig etterretningstjeneste, Leonid Kvasnikov. I stedet talte han med Stepan Apresyan som hadde tittel av Sovjet

vissekonsul. Resultatet ble at Yatzkov og Apresyan beordret Kurnakov til å opprettholde forbindelsen med Ted Hall. Første gang Moskva hørte om Hall og Sax var i et telegram fra New York den 12. november 1944. Deres dekknavn fra nu av var for Hall "Mlad", som er det slaviske ord for "ung", og for Sax "Star", som er ordet for "gammel".

Fra Ted Halls opprinnelige plan om bare å gi russerne et vink om eksistensen av et anglo-amerikansk atombombeprosjekt, hadde situasjonen nu utviklet seg til at Hall og Sax var blitt plassert sentralt i et sovjetrussisk spionnettverk. Det ble avtalt at Hall skulle fortsette sin virksomhet i Los Alamos, og at Sax skulle være kureren mellom ham og russerne i New York.

Til tross for at Hall hadde visse skrupler med å følge opp sin spionvirksomhet, ble det arrangert et møte mellom Hall og Sax i New Mexico i slutten av desember 1944. De tok inn på hvert sitt hotell i Albuquerque. Det viktigste resultat var at Sax brakte tilbake til New York noen håndskrevne notater fra Ted Hall med viktige, sentrale opplysninger til konstruksjon av en plutoniumbombe basert på implosjon.

Radium-lanthanumeksperimentet

Våren og sommeren 1945 var Ted Hall engasjert i det såkalte "Ra-La-eksperimentet" for å studere implosjonsprosessen. I en massiv kule av kadmium med ca. 5 cm radius, hadde man i sentrum plassert en radioaktiv Ra-La-kilde som emiterte gammastråling. Rundt kulen var plassert en gruppe "eksplosive linser", som når de ble utløst samtidig produserte et innadvendt, sfærisk konvergent sjokk som komprimerte kadmiumkulen. Rundt dette systemet var det plassert en rekke gammastråletellere som registrerte variasjonene i intensiteten av strålingen før og etter implosjonen. Derved kunne man måle tetthetsvariasjonene i den homogene kadmiummassen og blant annet undersøke graden av symmetri i implosjonsprosessen.

Mellom 7. og 18. februar 1945, ga Rossi resultatet av tre testskudd av Ra-La-eksperimentet som demonstrerte en fin, jevn sfærisk sjokkbølge, takket være blant annet Louis Alvarez' oppfinnelse av elektroniske detonatorer som tillot et tykt ytre skall av høyeksplosiver å detonere samtidig.

Den 28. februar 1945 møttes på Oppenheimers kontor general Groves, Conant, Kistiakowski og tre andre for å bestemme ut fra Ra-La-testene at man i plutoniumbomben, etter forslag fra Robert Christy,

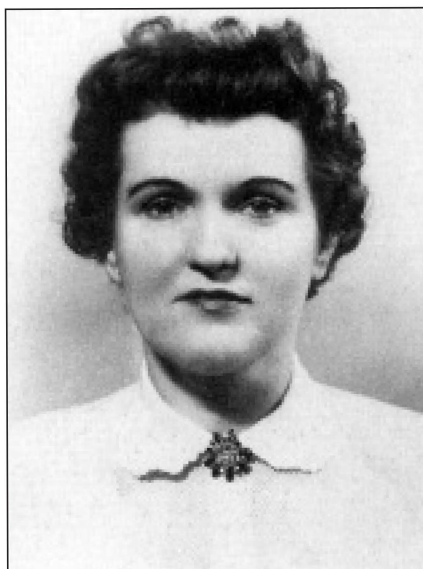
skulle benytte en "solid core" istedenfor et sfærisk skall av plutonium. Etter møtet hørte Rossi at Oppenheimer sa: "Now we have our bomb."

Morris og Lona Cohen

Situasjonen var nu blitt noe forandret for Ted Hall. Tidlig på våren 1945 hadde Sax reist tilbake til Harvard for å gå inn for studier av filosofi og psykologi. Russerne måtte derfor finne en erstatning for Sax som kunne formidle informasjon fra Hall i Los Alamos. Etter en del intern diskusjon valgte russerne i Moskva og New York et amerikansk ektepar, Morris og Lona Cohen, som allerede hadde operert som russiske etterretningsagenter.



Morris Cohen (1910–1995)



Lona Cohen (1913–1992)

Morris Cohen var født i New York. Hans far kom fra et område i nærheten av Kiev i Ukraina, og moren var fra Vilna i Polen. Begge foreldrene var politisk radikale, og Morris fikk kommunismen inn med morsmelken.

I 1931 fikk Morris takket være sine fremragende egenskaper som rugbyspiller, adgang som student til University of Illinois. Der ble han medlem av "Communist Youth League" i 1933.

I februar 1937 reiste Morris, under dekknavnet Israel Altman, til Spania hvor han under borgerkrigen kjempet i den internasjonale Abraham Lincoln-brigaden på regjeringstroppenes side. Den 14. oktober 1937 deltok han i slaget ved Fuentes del Ebro hvor 80 medlemmer av den internasjonale brigaden falt. Der sendte et maskingevær en salve i benene på Morris, og han lå fire måneder på et hospital i Barcelona hvor han ble kontaktet av sovjetrussiske agenter og overtalt til russisk spionvirksomhet.

I desember 1938 forlot Morris Spania og returnerte til New York rett før Francos tropper rykket inn i Barcelona. Sommeren 1939 fikk Morris en jobb som vakt i Den Sovjetrussiske Paviljong på Verdensutstillingen i New York. Men Morris kastet ikke bort noen tid før han engasjerte seg i ny spionasjevirksomhet. En dag han satt i kafeteriaen på Verdensutstillingen kom han i snakk med en fremmed person som satte seg ved bordet hans. Mannen tok frem bruddstykket av en kam. Morris tok opp fra sin lommebok en tilsvarende halvdel av en kam som han hadde fått i Spania. De to delene passet sammen perfekt. Mannen var den tidligere omtalte sovjetagenten, Semen Semenov, som var ingeniørutdannet fra MIT, og som kom til å kontrollere Harry Gold fra 1940 til 1943.

I disse årene hadde Morris Cohen en venninne, Lona Petka. Hun var født i Massachusetts i USA, og ble gift med Morris Cohen i juli 1941. Bare 22 år gammel ble hun en overbevist marxist og meldte seg inn i "American Communist Party". Hun ble overtalt av sin mann til spionasje for sovjetrusserne. Lona ble medlem av en spionring som besto av ingeniører og teknikere fra amerikanske ammunisjonsfabrikker og flyplasser.

Den 8. juli 1942, ett år etter sitt bryllup med Lona, ble Morris innkalt til militærtjeneste. I de neste to årene oppholdt han seg i en amerikansk transittbase i Dawson Creek i Canada. Morris og Lona hadde da allerede bygget opp en gruppe av syv "spionkamerater", og Lona tok over ledelsen av denne. Lonas virksomhet var sett på som så tilfredsstillende og verdifull at Moskva bestemte seg



Semen Semenov, "Sam"

for å gi henne mer krevende oppgaver. Lonas kontakt og kontrollør i denne perioden var Semen Semenov, "Sam".

I VENONA ble Manhattanprosjektet betegnet med dekknavnet ENORMOZ. Semen Semenov var engasjert i spionasje på dette foretaket. I Moskva var Leonid Kvasnikov ekspert på de russiske atomeksperimentene, og i 1943 ble han beordret fra Moskva til New York for å overta etter Semen Semenov. I mars 1943 ankom Kvasnikov New York og valgte de to NKVD-offiserene Anatoli Yatzkov og Aleksander Feklisov, som sine assistenter.

Feklisov og Yatzkov fokuserte spesielt på Manhattanprosjektet. Etter at Morris Cohen ble innkalt til militærtjeneste i US Army, begynte Yatzkov å bruke Lona Cohen i sin spionasjeaktivitet.



Anatoli Yatzkov (Yakovlev) (1911–1993)

Våren og sommeren 1945 gjorde Lona Cohen noen reiser som kurér til New Mexico for å samle spionmateriale fra agenter som arbeidet i laboratoriene i Los Alamos. Det hersker en del uklarhet om hennes aktivitet i denne perioden, blant annet om hvilke personer hun kontaktet. Det synes å være enighet om at hun foretok to forskjellige reiser for å møte "en ung vitenskapsmann" i Albuquerque.

Det første møtet fant sted i april eller i begynnelsen av mai, 1945. Hun fikk da overlevert materiale om konstruksjon av plutoniumbomben, og samtidig opplysninger om at amerikanerne aktet å teste bomben i nærmeste fremtid (Alamogordo). Da hun kom tilbake til New York, overleverte hun materialet til Anatoli Yatzkov i en "coffee shop" på Manhattan.

Det er litt av et mysterium hvordan Lona Cohen fikk tak i dette spionmaterialet, for i ettertid hevdet hun at på denne turen til New Mexico møtte hun ikke Ted Hall. En mulig kandidat til overbringeren av materialet er en hittil uidentifisert skikkelse som i VENONA forekom under betegnelsen "Perseus".

Lona Cohens annen tur til New Mexico fant sted i august 1945. Los Alamos var etter Hiroshima blitt så berømt at Santa Fe og Albuquerque var under konstant overvåking av FBI. Lona leide seg derfor inn på et lite pensjonat i Las Vegas under dekke av å være en tuberkuloserekonvalesent. Avtalen med den russiske atombombespionen i New York, Leonid Kvasnikov, var at Lona på den første søndag etter hennes ankomst til Las Vegas skulle ta en buss til Albuquerque, og på campus ved University of Mexico møte en ung mann som skulle levere henne en pakke dokumenter. Mannen dukket imidlertid ikke opp, og først etter fire søndager møtte hun den unge mannen som leverte henne dokumenter som hun bragte tilbake til New York.

Det materiale som Lona Cohen, via spionsjefene i New York, bragte til "Senteret" i Moskva, ble i VENONA betegnet av den vitenskapelige leder av det russiske atombombeprosjektet, Igor Kurchatov, som "uvurderlig".

Efter at Klaus Fuchs ble arrestert i England i 1950, flyktet Morris og Lona Cohen til Russland hvor de ble opplært til radiooperatører og chiffereksperter. I 1954 dukket de opp i London hvor de under navnene Peter og Helen Kroger, og utstyrt med pass fra New Zealand, åpnet en antikvarisk bokhandel. I kjelleren i sitt hus i nærheten av den militære flyplassen Of Northolt, satte de opp en radiostasjon og begynte å sende til Moskva "information of special importance".

I januar 1961 ble de arrestert for spionasje. Morris og Lona ble dømt til henholdsvis 25 og 20 års fengsel. I 1969 ble de utvekslet til Sovjetunionen mot frigiving av en engelskmann, Gerald Brooke, som hadde delt ut sovjetfiendtlige skrifter, og to unge engelske narkotikahandlere. Kommet vel tilbake til Moskva ble Morris og Lona Cohen instruktører på en skole for KGB rekrutter.

Ted Halls siste år

Fra 1945 av begynte de mystiske dekknavnene "Mlad" og "Star" å dukke opp hyppig i VENONA-dechifringene. FBI begynte å undersøke nøyere Ted Halls og Savy Saxs virksomheter under krigen. Men paradoksalt nok kom deres kommunistiske holdninger dem til hjelp. Sovjetunionen tillater nemlig ikke sine spioner å være medlemmer av venstreradikale partier, abonnere på "Daily Worker" eller gå i demonstrasjonstog. På dette punkt hadde imidlertid Hall og Sax brutt reglene.

I 1952 forlot Ted Hall Los Alamos for å begynne på University of Chicago. Der skiftet han interessefelt fra fysikk til biologi og utførte en rekke pionerarbeider i røntgenstrålemikroanalyse. I 1962 flyttet han til University of Cambridge i England.

Ted Hall døde i 1999 i Cambridge. Han hadde lidd av Parkinsons sykdom i en rekke år, men døde av nyrekreft i en alder av 74 år.

Var de forbrytere?

Spørsmål som må melde seg er: Hvem var hovedaktørene i det drama vi har skissert? Hvordan blir historiens dom over dem? Hva var deres motiv? Mange vil vel karakterisere dem som kriminelle. Det kom også til uttrykk i de hårde dommene de fikk – den elektriske stol og uforholdsmessig lange fengselsstraffer. La det være sagt med en gang: Økonomiske forhold spilte en forsvinnende rolle i denne historien. Desto mer dreiet det seg om politiske ideologier.

I en rettsstat har alle anklagede krav på forsvarere, og et nærliggende spørsmål må bli følgende: Hvis de handlinger som atombombespionene er anklaget for virkelig har funnet sted, hvilke forhold kan man tenke seg en forsvarsadvokat ville trekke frem til sine klienters favør.

Den 22. juni 1941 angrep Tyskland Sovjetunionen, og Russland ble alliert med Vestmaktene. Den samme dagen holdt Winston Churchill en

radiotale hvor han uttalte at Storbritannia hadde tilbudt Sovjetunionen "*any technical or economic assistance which is likely to be of service to them.*" I september 1942 ble det signert, etter forslag fra Churchills vitenskapelige rådgiver, Sir Henry Tizard, en overensstemmelse mellom England og Sovjetunionen "*on exchange of all information including any necessary specifications, plans etc. relating to weapons*". Det var nettopp i denne perioden at Fuchs begynte å gi hemmelige informasjon til Sovjetunionen.

To andre forhold kan nevnes som kan tolkes som formildende omstendigheter for atombombespionenes handlinger. Det gjelder uttalelser av to av vitenskapshistoriens største personligheter, Albert Einstein og Niels Bohr. Begge disse to har understreket den totalt nye situasjon som atomvåpnene representerer for menneskeheten.

Allerede en måned etter Hiroshima-bombingen, i september 1945, uttalte Albert Einstein: "*The only salvation for civilization and the human race lies in the creation of a world government, with security of nations upon law.*"

Allerede før freden i 1945, var Niels Bohr meget opptatt av spørsmålene om de politiske konsekvenser av atomvåpnene, og han hadde bl.a. i 1944 samtaler med de allierte statslederne Roosevelt og Churchill, om dette. I et "Åpent brev til De Forenede Nationer" av 9. juni 1950, utdypet Bohr sine synspunkter. I en artikkel fra 1964: "Krigens år og atomvåpnenes perspektiver", trekker Aage Bohr

ut noe av essensen av sin fars brev med følgende ord: "*Det store mål må være full åpenhet, med adgang til opplysninger om vitenskapelige, tekniske, industrielle, militære og andre forhold og med kontakt på alle fronter, så at hvert land kan vite hva der foregår i andre land, og så at problemene kan debatteres på så objektiv basis som mulig.*"

Det er naturlig å hevde at Albert Einsteins "verdensregjering" og Niels Bohrs "åpen verden" bare kan realiseres ved utveksling av informasjon om våpenteknologi mellom alle nasjoner, blant annet om atombomber.

Referanser

1. Sven Oluf Sørensen: *Atombombespionene - Del I*. FFV 70, Nr. 4, 120-127 (2008)
2. Sven Oluf Sørensen: *Atombombespionene - Del II*. FFV 71, Nr. 1, 9-15 (2009)
3. Joseph Albright og Marcia Kunstel: *Bombshell*. Times Books, Random House, New York (1997)
4. Richard Rhodes: *Dark Sun*. A touchstone Book, Simon og Schuster (1995)
5. Peter Wright: *Spy Catcher*. Viking Penguin Inc. (1987)
6. Terrold og Leona Schechter: *Sacred Secrets*. Brassey's Inc, Washington DC (2003)
7. Robert Lamphere og Tom Shachtman: *The FBI - KGB War, A Special Agent's Story*. Random House, New York (1986)

∞

God jul og godt nytt år!



Presten og advokaten som la fundamentet for Big Bang-modellen for universet

Henning Knutsen *

Teoretikeren Georges Lemaître konstruerte kosmologiske modeller der universet utvikler seg kvalitativt over tid. Astronomen Edwin Hubble analyserte lyset fra fjerne galakser og fant at spektrallinjene er forskjøvet mot rødt. Den aksepterte tolkningen av observasjonene til Hubble er at universet ekspanderer. Men det er nettopp hva Lematre hadde forutsagt.

Denne artikkelen er tilegnet minnet om professor Per Maltby, glimrende astrofysiker, lun og givende lærer, hyggelig og oppmuntrende venn.

I årene 1922 og 1924 publiserte den unge russeren Alexandr Friedmann to nybrottsarbeider i kosmologi som begge bygget på Einsteins nye generelle relativitetsteori. Men disse forskningsartiklene vakte slett ikke den oppsikt de fortjente. Grunnen til at de kosmologiske arbeidene til Friedmann gikk nokså upåaktet hen, var muligens at de ble oppfattet som ren teori. Friedmann kom ikke med noe forslag om hvordan arbeidene kunne settes i forbindelse med observasjoner av det store kosmos.

Presten som ble forsker

Men det samme kan ikke sies om arbeidene til den neste forsker som fant på å undersøke universmodeller som forandrer seg over tid, Georges Lemaître (figur 1).

Georges Lemaître (1894–1966) var født i Charleroi i Belgia. Han startet sitt ingeniørstudium i 1911, men meldte seg som frivillig til første verdenskrig. Da krigen var over, var han innehaver av det belgiske krigskorset som takk for innsatsen. I 1918 skiftet han fagområde og tok fatt på matematikk og fysikk ved universitetet i Louvain. Han fikk sin doktorgrad med høyeste utmerkelse i 1920.



Figur 1. Georges Lemaître som var geistlig, men fant sitt egentlige kall i kosmologien.

Men han var en religiøs mann som ikke tok lett på teologien. I 1923 ble han ordinert til prest i den katolske kirke. Lemaître var heldig og fikk stipendier og kunne oppholde seg i Cambridge og studere hos tidens fremste astrofysiker, Arthur Eddington. Her skrev han sitt første forskningsarbeid innenfor relativitetsteori.

I 1924 dro Lemaître til Amerika. På et vitenskapelig møte i Canada traff han den polsk-amerikanske fysiker Ludwig Silberstein (1872–1948) og diskuterte en formel Silberstein hadde lansert. Formelen hevdet at det ville være en sammenheng mellom forskyvning av spektrallinjene i lyset fra fjerne objekter og avstanden til disse objektene. Astronomene tok ikke formelen alvorlig og gjorde nesten narr av denne "Silberstein-effekten". Lemaître tok opphold ved Harvard-observatoriet, mens han samtidig forberedte seg på nok en doktorgrad, denne gang ved Massachusetts Institutt for Teknologi (MIT).

* Universitetet i Stavanger.

Da universet ble stort

Den belgiske vitenskapsmannen Lemaître var til stede ved det epokegjørende møtet da amerikaneren Edwin Powell Hubble (1889–1953) (figur 2) avgjorde at universet er mye større enn Melkeveg-galaksen. Det hadde nemlig vært en opphetet debatt om de diffuse tåkeflekke astronomene observerte i teleskopene sine, var lokale gass-skyer som tilhørte vår egen Melkeveg eller om de var stjernetaker med milliarder av enkeltstjerner langt bortenfor Melkevegen. Filosofen Immanuel Kant hadde allerede i 1755 foreslått at noen av disse tåkene kunne være egne øy-universer likeverdige med Melkevegen.



Figur 2. Edwin Hubble som oppdaget at de fjerne stjernetaker reiser vekk med en fart som øker jevnt med avstanden til dem.

Med det store 100-tommers-teleskopet på Mount Wilson observatoriet greidde Hubble å finne lyssterke cepheidestjerner i noen av de tåkene som viste en slags spiralstruktur. Disse spesielle stjernene er gule kjempestjerner som er spesielt lyssterke. De kan derfor observeres over stor avstand. De utvider seg og trekker seg sammen periodisk, og lysstyrken varierer i takt med pulsasjonene. Det er en helt bestemt sammenheng mellom lysstyrke og periode. Når en finner perioden, er derfor den virkelige lysstyrken kjent. Så er det bare

å observere den tilsynelatende lysstyrken. Siden mengden av lysenergi pr. flate fra en lyskilde avtar kvadratisk med avstanden til kilden, finner en umiddelbart avstanden til lyskilden. Cepheidestjernene er altså ypperlige avstandsmålere i kosmos.

Den første spiraltåka ble identifisert i 1845 av William Parsons, bedre kjent som Lord Rosse. Hubble festet oppmerksomheten ved utkanten av tåkene, ikke ved sentralområdet slik andre astronomer hadde gjort. Det var grunnen til at Hubble greidde å finne enkeltstjerner. Han fastslo at avstanden til spiraltåkene rett og slett er enorm. Observasjonene til Hubble utvidet det kjente univers til svimlende dimensjoner.

Pionerarbeid

Lemaître forstod betydningen av resultatet til Hubble. Han arbeidet ivrig med ikke-statistiske universmodeller. I oktober 1925 dro han tilbake til Louvain hvor han snart fikk et professorat. Her virket han resten av livet. I 1927 publiserte han et særdeles viktig arbeid der han framholdt at radius for universet øker med tiden. Han fant også en sammenheng mellom avstanden til de fjerne stjernetakene og farten som de fjerner seg med. Men arbeidet til Lemaître ble trykket på fransk i et belgisk tidsskrift som ble lite lest utenfor landets grenser.

Lemaître oppsøkte Einstein da nestoren deltok på en kongress i Brussel i 1927. Einstein fortalte at han hadde lest artikkelen til Lemaître. Han hadde ingen innvendinger mot matematikken, men hadde ikke noe til overs for ideen om et ekspanderende univers. Gammel vane er som kjent vond å vende, og ikke minst gjelder dette vanetenkning. Einstein gjorde Lemaître oppmerksom på artiklene til Friedmann som Lemaître ennå ikke kjente til. Undersøkelsen til Lemaître var mer omfattende enn arbeidene til Friedmann. Lemaître betraktet nemlig materie som ikke bare var karakterisert ved tetthet slik som støv-universet til Friedmann. Modellen til Lemaître hadde også trykk.

Rødforskyvning

Men heller ikke kjempen Edwin Hubble hvilte på sine laurbær. Han fulgte opp arbeidet til den amerikanske astronomen Vesto Melvin Slipher (1875–1969). Allerede i august 1914 presenterte Slipher gode fotografier av fargespektrene til 15 spiraltåker. Disse spektrene satte astronomene i forlegenhet. Spektrene viste mørke absorpsjons-

linjer som dannes når stjernelys med bestemte bølgelengder blir absorbert av atomer i stjerneatmosfæren. Slipher kunne videre fastslå at absorpsjonslinjene for de fleste tåkene var forskjøvet mot den røde delen av spektret. Et slikt linjeskifte tydet på dopplerskyvning, som en får når lyskilden beveger seg i forhold til den som observerer lyset. Farten til spiraltåkene var så mye større enn farten til stjernene i Melkevegen at det tydet på at spiraltåkene slett ikke tilhørte Melkevegen. Som fortalt, ble denne formodningen bekreftet da Hubble fant sine cepheidstjerner.

Men nå tok Hubble for seg rødforskyvningen. Her hadde han god hjelp av observasjonsassistenten Milton Lasell Humason (1891–1972). Sistnevnte hadde startet løpebanen som muldyrdriver ved Mount Wilson-observatoriet ved Pasadena i California da observatoriet ble bygd. Senere fikk han jobb der som vaktmester, men direktør George Hale fant ut at Humason var en usedvanlig god observatør. I 1919 fikk han fast stilling som observasjonsassistent. Det var de som var lite begeistret over denne forfremmelsen. For Humason hadde ingen formell utdannelse, og dertil var han gift med datteren til ingeniøren som hadde stått for konstruksjonen av observatoriet. Men Humason gjorde alle innvendinger til skamme. Han viste seg å være en særdeles iherdig astronom og dyktig administrator og sekretær.

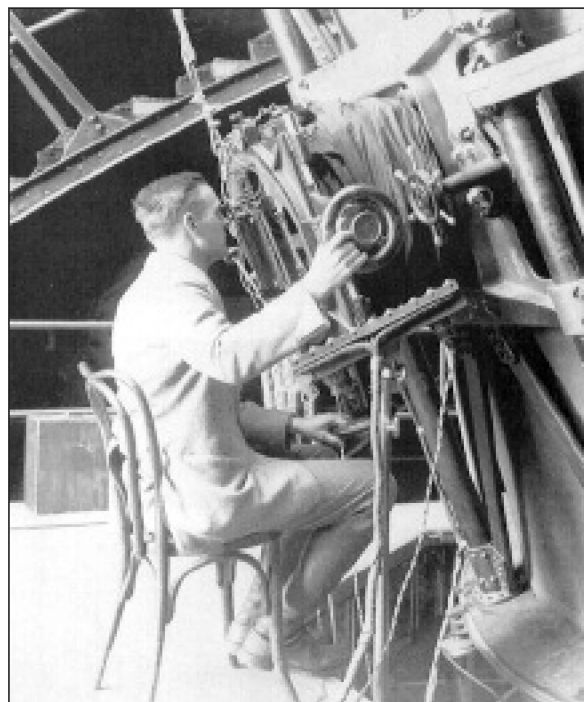
Advokat, kriger og observatør

Edwin Hubble ble født 1889 i Marshfield i Missouri. Han var en skikkelig atlet og meget interessert i naturvitenskap. Men familien ville at han skulle bli jurist, og det fortelles at han lovte sin far det da denne lå på dødsleiet. Edwin Hubble dro til Oxford i England og studerte romersk og engelsk lovgivning. Senere kom han tilbake til USA og tok en avsluttende eksamen. Han praktiserte som advokat et års tid, men trivdes ikke. Han lærte seg også spansk og virket som lærer.

Men Hubble avgjorde at det var astronomien som var av betydning. Følgelig begynte han å studere yndlingsfaget. Det gikk faktisk så bra at han i 1914 fikk positivt svar fra Mount Wilson der han ønsket å ta fatt som observasjonsastronom. Betingelsen var at han gjorde seg raskt ferdig med doktorgraden.

Men så kom krigen. Hubble satt oppe hele natta og la siste hand på doktorgradsarbeidet, avla muntlig sluttteksamen neste dag og telegraferte så til

Mount Wilson-observatoriet: "Kan ikke akseptere invitasjonen. Er dratt i krigen." Han oppnådde majors grad og ble endelig sendt til Europa. Men da var krigen straks slutt, og til sin sorg kom ikke majoren i strid. Da krigeren var tilbake i USA, dro han straks til Mount Wilson. Der startet han observasjonene sine med det teleskopet som faktisk var det beste i verden (figur 3).



Figur 3. Hubble observerte med Hooker-teleskopet på Mount Wilson i California. Teleskopet var den gang det største i verden. Diameteren på speilet til denne kikkerten er 100 tommer.

Hubbles lov

I 1929 falt det dom i den saken som var reist av Slipher, Silberstein og Lematre. Da kunngjorde Hubble at det virkelig er en enkel sammenheng mellom hastighet og avstand for de fjerne galaksene. Alle disse galaksene er på veg vekk fra oss, og hastigheten øker direkte med avstanden. Øker avstanden til det dobbelte, økes også hastigheten til det dobbelte. Denne fundamentale sammenhengen kalles nå Hubbles lov.

Den mest nærliggende tolkningen av dette resultatet er at vår egen Melkeveg faktisk er sentrum i universet. All materie var i en fjern fortid samlet der vi er nå. Så skjedde det en veldig ureksplosjon. Materien (galaksene) ble slynget utover i det tomme verdensrommet med konstant fart. De galaksene som er lengst fra oss, befinner seg der fordi de beveger seg med større hastighet enn de

andre galaksene. Dette naive synet representerer et tilbaketog til den egosentriske holdningen til tiden før Kopernikus.

Men denne enkle tolkningen tar ikke hensyn til at galaksene vil påvirke hverandre. Tyngdekraften mellom galaksene bremser bevegelsen slik at galaksene ikke vil bevege seg med konstant fart. Men oppførselen til galaksene passer med modellene til Friedmann og Lemaître. Det eneste de hadde antatt da de anvendte gravitasjonsteorien til Einstein på universet som system, var at i stor skala er universet likt over alt. De kom fram til at universet må utvide seg med tiden.

Hubbles lov kan trygt betegnes som den viktigste astronomiske oppdagelsen i det 20. århundre. Lemaître var teoretikeren som hadde lagt fundamentet for et paradigmeskifte i kosmologien, selv om ingen først ville tro på ideen hans. Det kunne jo ikke stå noe av skikkelig betydning i et obskurt belgisk tidsskrift. Dette minner betenkelig om skjebnen til den tyrkiske astronomen som flyger og forfatter Antoine de Saint-Exupry forteller om i den vakre og dypsindige vesle boka "Den lille prinsen". Hubble oppdaget småplaneten B 612, men ingen aksepterte funnet hans fordi han bar tradisjonell tyrkisk drakt da han la fram observasjonen på en internasjonal konferanse. Ved neste kongress opptrådte han i vestlige klær fordi den tyrkiske diktatoren nå tvang befolkningen til å følge europeisk klesmote. Denne gang var alle enige med han om oppdagelsen av asteroiden.

Geometri og skrivi

Edwin Hubble ville følge opp suksessen sin. Nå ville han finne geometrien til kosmos. Han prøvde å måle hvordan tettheten av fjerne galakser forandrer seg med avstand. Men dette prosjektet ble mislykket. Det var for vanskelig å måle lysstyrken av svake, fjerne galakser. Under andre verdenskrig meldte så den tidligere majoren seg til tjeneste. Han ledet arbeidet ved Aberdeen-prøveområdet i Maryland. Våghalsen fornektet seg ikke. En aften utsatte han seg for stor fare ved å avfyre bazookaer for å finne en konstruksjonsfeil.

Merkelig nok ble Hubble aldri helt overbevist om at rødforskyvningen til galaksene skyldes bevegelse og en ekspansjon av selve rommet. Han fastholdt at bevegelsen som ble utledet fra rødforskyvningen skulle beskrives som tilsynelatende hastighet. Den vesle boka han skrev, "The realm of nebulae", ble en klassiker som selvfølgelig enhver kosmolog med

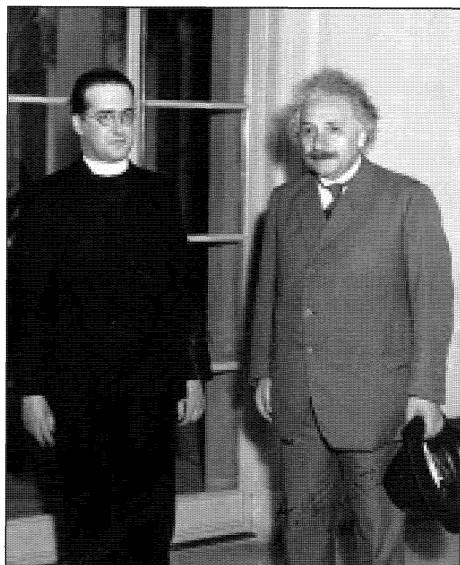
selvrespekt har lest. Han fikk dessverre slag og døde allerede i 1953.

Den kosmologiske konstanten

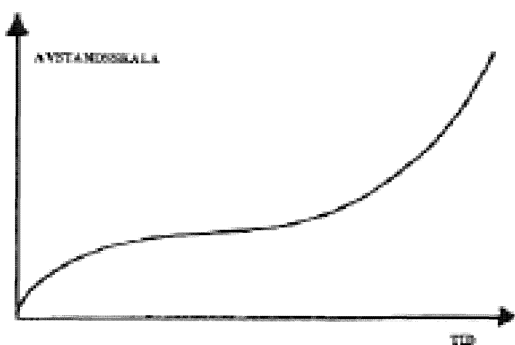
I sitt første arbeid om kosmologi fra 1917 innførte Einstein en universell frastøtningskraft (den kosmologiske konstant) i feltlikningene sine for gravitasjon. Den skulle "hindre" at tyngdekraften fikk universet til å kollapse. Frastøtningen åpnet muligheten for en statisk universmodell. Men da Einstein erfarte at universet faktisk ekspanderer, forkastet han uten sorg sin konstant. Einstein hevdet at den kosmologiske konstanten kompliserer den vakre gravitasjonsteorien og ødelegger dens logiske enkelhet. Han mente at dette kunstige leddet er unødvendig siden det eksisterer akseptable universmodeller uten den kosmologiske konstanten.

Sammen med de Sitter lanserte Einstein i 1932 en meget enkel universmodell. Denne Einstein-de Sitter-modellen har ingen kosmologisk konstant. Den har en "flat" romgeometri, og materien består av ekspanderende støv. Dette universet starter fra en endelig størrelse. Det er mulig å velge avstandsskalaen til å være null når universet begynner å ekspandere. Med dette valget er ekspansjonsfarten uendelig ved starten, og da er også materietettheten uendelig stor. Dette Einstein-de Sitter-universet utvider seg i all evighet. Motstanden til Einstein mot den kosmologiske konstanten kan likevel ikke ha vært total. I 1933 dro han sammen med Lemaître til California (figur 4), og der holdt de en rekke seminarer. Etter det ene foredraget til Lemaître reiste Einstein seg og applauderte, og han erklærte: "Dette er den vakreste og mest tilfredstillende forklaring på skapelse som jeg noen gang har hørt."

For modellen sin benyttet Lemaître den kosmologiske konstanten for hva den var verdt. Modellen (figur 5) Einstein var så begeistret for, har positiv romkrumning, så den likner på det statiske Einstein-universet ved at den ikke har noen grenser, men har endelig volum. Den likner på Einstein-de Sitter-modellen ved at ekspansjonsfarten var uendelig i tidens morgen. Fra først av dominerer materietettheten og trykket og bremser ekspansjonen av universet. Men så kommer en tidsperiode da universet er nesten statisk. Denne tiden da universet nærmest "nøler" med ekspansjonen, kan tøyes til å vare så lenge som en måtte ønske ved å finjustere den kosmologiske konstanten. Til slutt vinner det kosmologiske leddet, og universet utvider seg med stadig raskere takt.



Figur 4. Lemaître og Einstein da de var på foredragsturne i California.



Figur 5. Universmodellen til Lemaître. Når den kosmologiske konstanten finjusteres, kan den "horisontale" delen av kurven forlenges, og alderen til universet øker.

Lemaître ville gjerne ha en slik stagnasjonsperiode i den universelle utvidelsen, for han ønsket å få galaksedannelse i den homogene kosmiske materien. Men ekspansjonen av universet motvirker at små, lokale økninger i tettheten får tid til å vokse til skikkelige galakser. I et gammelt univers med et langdrygt mellomværende kunne vel små tetthetsforandringer være "frøene" som ble til stjernehåker? I 1946 viste dessverre ukraineren Evgeny Mikhailovich Lifshitz (1915–1985) at slike små forstyrrelser i et ekspanderende univers ikke ville være sterke nok til å forklare galaksedannelse.

Uratomet

Mens den godeste Eddington avskydde at universet skulle ha en begynnelse i tiden, syntes Lemaître at et kosmos med en endelig alder var helt i orden. Han lanserte ideen om et såkalt opprinnelig atom. Fra først av skulle da den ganske verden være samlet i et eneste gigantisk energikvant. Da ville begrepene

rom og tid være uten mening, så dette var virkelig dagen uten noe i går. Dette atomet var ikke stabilt og ville dele seg i mindre og mindre biter ved en rasende superradioaktiv prosess.

Lemaître erklærte: "Utviklingen av verden kan sammenlignes med en fyrverkeriforestilling som nettopp er slutt; noen få røde dotter, aske og røyk. Vi står på avkjølt slag og ser på solene som sakte blir utydeligere. Vi prøver å minnes den forsvunne glansen fra opprinnelsen til verdenene." Siden usikkerheten til kvantemekanikken ville hefte ved uratomet, ville ikke framtida være nedskrevet i det opprinnelige kvantet. Historien ville bli fortalt etter hvert som den utfoldet seg. Det er vegen som blir til mens en går.

Muligens kan den kristne troen til Lemaître med en Gud som skaper verden, ha hatt en viss betydning for vitenskapsmannen Lemaître, da han formulerte ideen om at verden stammer fra et opprinnelig atom. Men han sa rett ut at vitenskap og teologi er områder som nok kan lede mot samme mål, men de må ikke blandes sammen. Det var også Gud som hadde gitt mennesket vettet til å oppdage alle merkelige sider av universet. Det var ikke nødvendigvis noen begrensning på hva tanken kunne finne fram til.

Lemaître var altså på sett og vis den virkelige opphavsmannen til Big Bang-kosmologien. I 1965 fant Penzias og Wilson den bakgrunnstrålingen i kosmos som denne teorien forutsa. Lemaître mottok den gode nyheten da han oppholdt seg på universitetssykehuset i Louvain etter et hjerteanfall. Han døde i 1966, 71 år gammel.

Litteratur

1. H. Kragh: *The Beginning of the World: Georges Lemaître and the Expanding Universe*. Centaurus 30, 114–139 (1987)
2. J.V. Narlikar: *Abbe' Georges Lemaître: Father of the primeval atom*. Current Science 67, 950–953 (1994)
3. Y. Nazé: *The priest, the universe, and the Big Bang*. Astronomy, 40–43, November (2007)
4. R.W. Smith: *Edwin P. Hubble and the transformation of cosmology*. Physics Today, 52–58, April (1990)
5. D.E. Osterbrock, J.A. Gwinn and R.S. Brashear: *Edwin Hubble and the Expanding Universe*. Scientific American, 70–75, July (1993)
6. G. Christianson: *Mastering the Universe*. Astronomy, 60–65, February (1999)

Kvinneandelen i fysikk ved universitetene og i høyere utdanning

Åshild Fredriksen* og Anne Borg**

Sammendrag

Den tredje internasjonale kongressen om kvinner i fysikk (ICWIP) siden 2002 gikk av stabelen i Seoul, Sør Korea, 8–10. oktober 2008. Der var 283 deltakere fra 57 land, og 80 % av dem var kvinner. Det var et svært vellykket arrangement. Tre dager med tettpakket program inneholdt utmerkede plenumsforedrag som presenterte forskningsfronten på felter som Bose-Einstein-kondensat, svarte hull, mikroskopi og overflatekjemi. Det kom også fram at kvinneandelen i fysikken fortsatt er svært lav. Bare med svært få unntak er andelen av kvinner på fysikk institutter ved verdens universiteter fortsatt <15 %. Fra Norge deltok forfatterne med poster og oppsummering av tilstanden i Norge. Hovedtrekkene fra denne presentasjonen er gjengitt her.

Status for universitetsstillinger, doktor- og masterkandidater

På nasjonalt nivå har oppmerksomheten rundt kvinner i vitenskapelige stillinger ved universitetene økt betraktelig de siste årene. Komiteen for integrering, "Kvinner i forskning", har vært aktiv siden januar 2004. Komiteen overvåker status for kvinner i forskning og foreslår tiltak for å øke andelen kvinner og forbedre generelle arbeidsbetingelser for kvinner i akademien.⁽¹⁾ I statsbudsjettet for 2009 er det lagt inn doktorstipendiat- og postdoc-stillinger ørmerket for kvinner.

Universitetenes likestillingspolitikk har de seneste årene fokusert på den langsomme økningen i antallet kvinnelige professorer. Flere tiltak, som ekstra driftsmidler, forskningstermin og mentorprogrammer, er på plass for å støtte kvinner som ønsker å kvalifisere seg for professorat. For eksempel

mottar fem kvinner ved NTNU hvert år til sammen 500 000 kr i kvalifiseringsstipend.

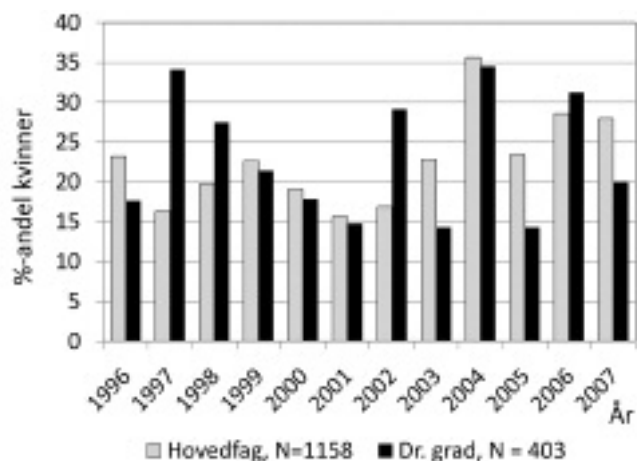
Ettersom man her i landet kan oppnå professorat ved kvalifisering, vil ansettelse i fast stilling være en av de viktigste milepælene i en akademisk karriere. Utlysning og tilsetting av førsteamanuenser i ledige stillinger er dessverre uhyre sjelden for tiden. Antallet fysikere i faste stillinger ved universitetene har gått ned fra 160 i 2002 til 141 i 2008. I forbindelse med ICWIP 2008 foretok vi en liten undersøkelse av kvinneandelen i faste vitenskapelige stillinger ved fysikk instituttene ved landets breddeuniversiteter, som også er de eneste universitetene i landet som har egne institutt for fysikk. Tabell 1 viser utviklingen i antall faste vitenskapelig ansatte ved fysikk instituttene over en seksårsperiode, i henholdsvis 2002, 2005 og 2008.⁽²⁾ Antallet kvinnelige fysikere i faste vitenskapelige stillinger øker sakte, men sikkert. Prosentandelen av kvinner i permanente stillinger i fysikk er blitt mer enn fordoblet siden 2002, men andelen er fortsatt mindre enn 15 %.

Tabell 1. Kvinner i faste stillinger i fysikk ved våre breddeuniversiteter.

År	Tilsette	UiO	UiB	NTNU	UiT	Sum
2002	Kvinner	3	1	4	2	10
	Totalt	68	30	47	15	160
2005	Kvinner	6	2	5	3	16
	Derav prof.	3		4	2	9
	Totalt	58	32	38,5	15	133,5
2008	Kvinner	6	5	7	3	21
	Derav prof.	3	1	5	3	12
	Totalt	51	36	38	16	141

Rundt 25 % av tildelingene av høyere grad i fysikk går til kvinner, og denne andelen har økt svært lite de siste ti årene. Figur 1 gir en oversikt over prosentandelen kvinnelige M.Sc. (inkludert Cand.scient.) og doktorgradskandidater siden 1996. Kvinneandelen blant hovedfagskandidatene sank til

* Institutt for fysikk, UiT; ** Institutt for fysikk, NTNU.



Figur 1. Utvikling av kvinneandelen av master- og doktorgradskandidater fra 1996.

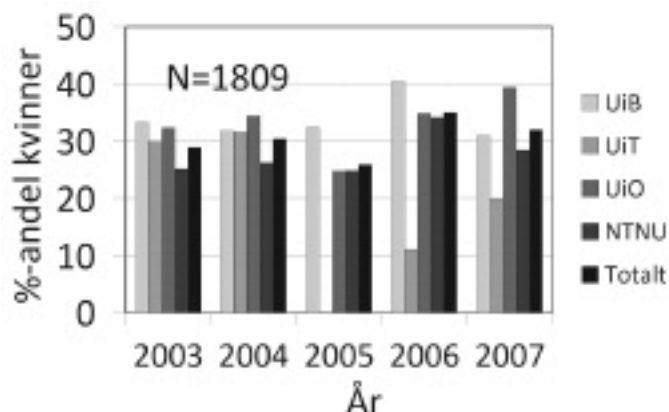
et minimum på 12,5 % i 2001 og økte til et maksimum på 36 % i 2004. I de siste årene (der også sivilingeniørene fra NTNU er tatt med) har den relative andelen etablert seg på drøyt 25 %. Andelen kvinnelige doktorkandidater nådde også et maksimum i 2004 på 34,5 %, men statistikken for disse kandidatene er begrenset og fluktuerer derfor ganske mye fra år til år, fra under 15 % i 2003 og 2005 til nesten 35 % i 2004, mens kvinneandelen i 2007 var på 20 %.

Rekruttering av kvinner til fysikkstudier

Dette er et tema som har fått mindre oppmerksomhet de siste årene. Statistikken er også heller sparsom. I forkant av denne konferansen prøvde vi å få en oversikt ved å spørre etter opptakstall og/eller kandidater som ble oppmeldt/besto et av de obligatoriske grunnkursene i fysikk på universitetsnivå, fra 2003 til og med 2007.

Figur 2 viser den prosentvise andelen kvinner blant studenter oppmeldt til eksamen på mekanikk-kursene ved hvert enkelt av universitetene. I alt 1809 kandidater på landsbasis var oppmeldt til denne eksamenen fra 2003 til 2007, der NTNU sto for det største antallet med i alt 724 studenter. UiO og UiB hadde henholdsvis 500 og 511 oppmeldte, mens Tromsø hadde bare 74 studenter i perioden.

Tallene fluktuerer naturlig nok noe for de enkelte universitetene, særlig for UiT som også har de laveste studenttallene. På landsbasis viser andelen en svak økning fra mellom 25 og 30 % i årene 2003–2005 til mellom 32 og 35 % i 2006–2007. Økningen



Figur 2. Utvikling i kvinneandel på et av introduksjonskursene i fysikk (mekanikk) for de fire breddeuniversitetene fra 2003 til 2007.

er imidlertid ikke entydig ettersom andelen på 35 % ble oppnådd i 2006. Hovedinntrykket er at andelen kvinner som begynner på fysikkstudier i Norge har stått omtrent stille de siste fem årene. Det er dermed fortsatt rom for rekrutteringstiltak for å få flere kvinner til å studere fysikk.

Referanser

1. Nettsted: <http://kvinneriforskning.no/english/>
2. Tallene ble skaffet til veie fra fakultets- og instituttadministrasjonene ved de respektive universitetene.

∞

Fysikknytt

Kosmisk test av gravitasjonsteorier

Lys av ulike farger har forskjellige frekvenser. I nesten alle medier avhenger farten til lyset av frekvensen. Dermed skjer det en spredning. I glass, for eksempel, går blått lys med mindre fart enn rødt. Lys med høyest frekvens går langsamst. Men i tomt rom går alle lysbølgene like raskt ifølge relativitetsteorien, uansett hvilken frekvens lyset har. Dette gjelder alle typer elektromagnetisk stråling.

I arbeidet med å forsøke å lage en kvantegravitasjonsteori har fysikerne imidlertid utviklet gravi-

tasjonsteorier med litt andre egenskaper enn relativitetsteorien. I noen av dem har elektromagnetisk stråling en frekvensavhengig hastighet i tomt rom. Dermed bruker stråling med forskjellig frekvens forskjellig tid på å reise fra et bestemt sted ute i universet til jorda. Hvis stråling med ulike frekvenser sendes ut samtidig fra en fjern kilde, vil den mest energirike strålingen som har høyest frekvens, komme frem litt senere enn mer lavfrekvent stråling.

I de enkleste teoriene av denne typen forlenges reisetiden til stråling med fotonenergi E med

$$\Delta t = (E/E_{KG})(D/c)$$

der E_{KG} er den energien der kvantegravitasjonseffekter begynner å bli viktige, og D er avstanden fra strålingskilden til jorda, dvs. D/c er reisetiden til lyset uten noen forsinkelse. Vanligvis regner en med at

$$E_{KG} \approx M_{Planck}c^2 \approx 10^{19} \text{ GeV.}$$

Kortvarige gammaglimt som varer omtrent ett sekund, er spesielt velegnet til å undersøke om hastigheten til stråling gjennom tomt rom er frekvensavhengig. Astrofysikerne mener at slike gammaglimt oppstår når to nøytronstjerner kolliderer. Ved slike prosesser sendes strålingen ut samtidig over et stort frekvensområde fra en kilde med svært liten utstrekning.

Astronomene har tidligere målt forskjell i ankomsttid for stråling med høy og lav frekvens fra et gammaglimt. Disse målingene ble gjort for gammaglimtet GRB 080916c som ble observert 16. september 2008. Strålingen hadde reist i hele 12,2 milliarder år fra glimtets kilde til jorda. Tidsforskjellen var omtrent 5 s. Men dette gammaglimtet varte i hele 23 minutter. Da kommer strålingen fra en eksploderende kjempestjerne, og det er mange prosesser som kan forårsake at stråling med ulike energier blir sendt ut på litt forskjellig tidspunkt (se Astronomi nr. 4, 2009, s. 11). For dette gammaglimtet gir formelen ovenfor en tidsforsinkelse på omtrent 25 s for den observerte strålingen med høyest frekvens. Selv om det var ganske stor usikkerhet i resultatene, går måleresultatet imot teoriene som forutsigelsen er basert på.

Den 28. oktober 2009 ble det rapportert om et viktig resultat av analyser av strålingen fra et kortvarig gammaglimt, GRB 090510, som ble observert 10. mai 2009 med Fermi-romteleskopet og varte i 2,1 sekunder. Den mest høyfrekvente strålingen med fotonenergi på 31 GeV ankom bare 0,01 s etter den første strålingen i gammaglimtet. Denne strålingen

hadde brukt 7,3 milliarder år på reisen fra kilden til jorda. Formelen ovenfor gir en tidsforsinkelse på 0,7 s for et foton med denne energien. Forskerne sier at disse målingene tyder definitivt på at den enkleste typen teorier der men prøver å ta hensyn til at rommet kan være kvantisert, ikke er korrekte.

Om den lille forskjellen i ankomsttid skyldes at kvantefluktuasjoner i rommet forsinker strålingen på en frekvensavhengig måte eller om den skyldes lokale forhold ved utsendelsen, vet man imidlertid ikke sikkert enda. Men når man får målt forskjell i ankomsttid for flere gammaglimt, kan man undersøke om forskjellen er proporsjonal med strålingens reisetid. Det ville i så fall tyde på at forskjellen i ankomsttid skyldes at lys med forskjellig frekvens har ulik fart. Men hvis det ikke er noen slik sammenheng mellom forskjell i ankomsttid og kildens avstand fra jorda, blir konklusjonen at forskjellen i reisetid skyldes lokale forhold ved utsendelsen.

Øyvind Grøn

∞

Bakgrunnsstrålingens polarisasjon

Nye målinger av polarisasjonen til den kosmiske bakgrunnsstrålingen har økt vårt kjennskap til universets egenskaper. Sammen med andre typer målinger og antagelsen om at universet er ensartet i stor målestokk, har de blant annet fortalt oss at universet er dominert av mørk energi og materie, og at universet er omtrent 14 milliarder år gammelt.⁽¹⁾ Rommets geometri ser ut til å følge de euklidske regler, slik at for eksempel to lysstråler som sendes ut parallelt i tomt rom, fortsetter å ha samme avstand, og universet har uendelig stor utstrekning.

Forskerne prøver nå å vriste enda mer innformasjon om universet ut av den kosmiske bakgrunnsstrålingen. Nå er det strålingens polarisasjon det dreier seg om. Når elektromagnetisk stråling beveger seg gjennom rommet oppfører den seg som bølger. Den kosmiske mikrobølgestrålingen er elektriske og magnetiske felter som svinger på tvers av bevegelsesretningen. Tenk deg at strålingen beveger seg oppover. Da foregår svingningene i horisontalplanet. Feltene kan svinge i alle retninger i dette planet. Men hvis svingningene dominerer i én retning, for eksempel øst-vest, sies strålingen å være polarisert.

Stråling som reflekteres når den treffer materie blir ofte polarisert. Polarisasjonsmønsteret kan fortelle om egenskapene til den materien som har reflektert strålingen. Den kosmiske bakgrunnsstrålingen har beveget seg fritt siden universet ble gjennomsiktig omtrent 400 000 år etter Big Bang. Da ble denne strålingen reflektert for siste gang av elektroner som ble fanget opp av protoner og dannet nøytrale atomer. Årsaken til at dette skjedde var at strålingstemperaturen da var sunket til 3000 K, og da hadde ikke fotonene lenger stor nok energi til å slå løs elektronene fra de nydannete atomene. Siden atomene i den tynne kosmiske materien har mye mindre evne enn elektronene til å spre bakgrunnsstrålingen, beveget strålingen seg fritt fra denne tiden. Dermed forble også polarisasjonsmønsteret til strålingen uendret. Men mønsteret er svakt og er vanskelig å observere.

Med uhyre følsomt observasjonsutstyr plassert på Sydpolen for at det skal være kaldt nok, har en gruppe forskere nå rapportert om ganske nøyaktige observasjoner av bakgrunnsstrålingens polarisasjon. Prosjektet kalles "The QUaD experiment".⁽²⁾ De har også kunnet ekstrahere informasjon om den kosmiske materiens egenskaper fra disse observasjonene. Det nye ligger i at usikkerheten i dataene er blitt mindre. Dataene nedenfor med oppgitte usikkerheter, er hentet fra QUaD gruppens ferske forskningsrapport.⁽³⁾

Observasjonene, sammen med antagelsen om at universet er ensartet i stor målestokk, støtter det som kalles standardmodellen for universet. I forskningsrapporten fremhever gruppen følgende konsekvenser av de nye måleresultatene som fremkommer i kombinasjon med andre typer kosmiske målinger:

$(4,4 \pm 0,1) \%$ av all materie og energi i universet består av protoner, nøytroner og elektroner. Resten er av ukjent type.

$(22,6 \pm 1,0) \%$ er mørk materie som man ikke vet hva består av. At den er "mørk" betyr at den ikke sender ut elektromagnetisk stråling, men den har betydning både for universets ekspansjon og for galaksedannelsen på grunn av gravitasjonsfeltet den lager.

$(73 \pm 3) \%$ er mørk energi av ukjent type. Den forårsaker frastøtende gravitasjon og gjør at universets ekspansjon øker farten.

Hubbleparameterens verdi er $(21,7 \pm 2,3)$ km/s per million lysår. Det betyr at for hver million lysår lenger utover vi observerer, øker den kosmiske ekspansjonsfarten til det observerte objektet med

21,7 km/s. Denne verdien av Hubbleparameteren svarer til at universet har alderen $(14,0 \pm 1,4)$ milliarder år.

Referanser

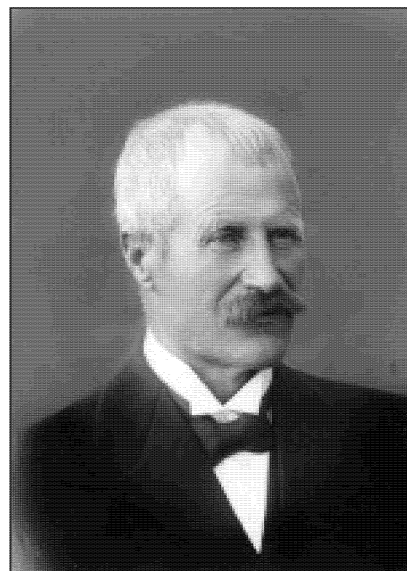
1. Ø. Grøn: Første data fra Planck-romobservatoriet. Fra Fysikkens Verden **71**, Nr. 3, 9293 (2009)
2. Internett: <http://www.stanford.edu/~schurc/quad.html>
3. Internett (preprint): http://xxx.lanl.gov/PS_casche/arxiv/pdf/0901/0901.0810v1.pdf

Øyvind Grøn

∞

Hva skjer

Amatørastronomen Sigurd Einbu heidra med minnesmerke



Sigurd Einbu (1866–1946)

I dagane 16. til 19. september i år gjennomførte Lesja og Dovre kommunar eit felles arrangement, "Einbudagene", til minne om amatørastronomen og læraren Sigurd Einbu (1866-1946). Den 16. vitja skuleelvar frå Lesja og Dovre Einbumuseet på Dombås og garden Brendlykkja der Einbu hadde levd det meste av livet. Dei fekk og høve til å kripe inn i stjerneteltet til høgskulelektor Torbjørn Urke

som viste fram og forklåra dei ulike stjernebiletta til og med på samisk vis. Den 17. om kvelden framførte forfattaren Egil Ulateig eit teaterstykke i Dombås kino som han hadde skrivi over Sigurd Einbus liv og historie. Den 18. vart det arrangert eit seminar på Dovrefjell Hotell med vel 100 deltakarar. Emeriti-professorane i astrofysikk Kaare Aksnes, Oddbjørn Engvold og Jan Erik Solheim, bidrog til programmet; det same gjorde førsteamanuensane Margrete Vold og Reidar Tønnes, alle frå UiO, og meteorolog Øyvind Nordli frå Meteorologisk institutt. Laurdag var alle inviterte til Lesjaskog der Sigurd Einbu kom ifrå. Der vart det avduka eit monument over han utforma av kunstnaren Ola Enstad som og er frå Lesjaskog.

Sigurd Einbu vart født i 1866. Etter folkeskulen gjekk han amtsskule og vidare på lærarskulen på Hamar der han tok eksamen i 1886 slik at han kunne byrja som lærar i Gudbrandsdalen. I 1894 braut han av lærargjeringa og drog attende til Hamar for å ta realskuleeksamen som privatist. To år seinare slo han seg ned som lærar på Dombås.

Det var frå nå av han for alvor tok fatt i arbeidet med astronomen og studerte ei rekkje bøker og plansjar om stjernehimlen på tysk. I tillegg til tysk lærte han seg og fransk ved å lesa astronomiske tidsskrift. Ved sida av språkstudia studerte han matematikk i fristundene.

Einbu lånte seg eit teleskop for å finne planeten Neptun, og etter kvart tok han til å studere variable stjerner, der variasjonane kan gjelde både ljusstyrke og periodar. Han meinte sjølv at på dette feltet av astronomen låg det mange høvelege oppgåver for amatørastronomar. For å studere slike stjerner må ein halda eit auga med dei over lengre tid, særleg for å fastleggja periodane i ljusvariasjonane.

Den 17. november i 1905 fann Einbu ei til da ukjend Algolstjerne i stjernebiletet Perseus. Da denne oppdaginga vart kjent ved Harvard College Observatory i Boston, viste det seg at der hadde den vore regelbunden fotografert heilt sidan hausten 1890. Desse fotografa stadfesta oppdaginga til Einbu, og på grunn av dette vart han tildelt den gjeve Lindemannsprisen av Astronomische Gesellschaft på eit møte i Jena i 1906. For skuld denne oppdaginga kjøpte Videnskapsselskapet i Kristiania (nå Det Norske Vitenskaps-Akademi i Oslo) ein 108 mm kikkert til han, og i tillegg stilte observatoriet i Kristiania stjernekart og andre litt-rære hjelpemiddel til rådvelde for Einbu slik at han skulle få dei beste høve til å halde fram med observasjonane sine.

Dei mest spektakulære av variable stjerner er dei såkalla novastjernene, og slike vakta Einbu nøye. Novastjernene syner seg brått på himmelen som eit sterkt ljosglimt, og når dei har nådd maksimal ljusstyrke, kverv dei burt for aldri meir å koma til syne. Den 12. mars 1912 oppdaga Einbu ei slik stjerne i stjernebiletet Gemini (Tvillingane) som fekk namnet Nova Geminorum 2. Då meldinga om denne oppdaginga nådde det velkjende observatoriet i Harvard, kunne ein slå fast at stjerna var fotografert. Sensasjonen var eit faktum, og Sigurd Einbu sitt namn vart udødeleg. For denne oppdaginga vart han utnemnd til heidersmedlem av "Sociedad Astronomica de Mexico" og tildelt Ateneogenes Silvasmedaljen av same selskapet. Alt i alt oppdaga Einbu heile 11 variable stjerner.

For sine framifrå observasjonar fekk Einbu alt i 1908 statsstøtte slik at han kunne avlastas noko frå skulepliktene sine, og frå 1909 vart denne støtta auka slik at han vart heilt løyst frå lærargjeringa. I 1917 fekk han og eit oppdrag for Det Geofysiske Institutt i Tromsø (Nordlysobservatoriet) som bad han om å ha oppsyn med dei jordmagnetiske målingane som var satt i gang på Dombås.

Men Sigurd Einbu var og ein popularisator med heilt uvanlege evner. Alt i alt skreiv han meir enn 600 artiklar og notar i ulike blad og magasin, mange av dei i internasjonale vitskapelege tidsskrift. Han heldt og mange radio kåseri, men framfor alt gav han ut 5 populærvitskapelege bøker. Det er ikkje tvil om at innsatsen hans på dette området bidrog mykje til å auke interessa for astronomen, verdsrommet og fysikken hos den jamne nordmann i mellomkrigstida. Sjølv i dag kan ein møte fagpersonar som i sin barndom vart inspirerte av å lesa Sigurd Einbu sine bøker.

Sigurd Einbu vart medlem i Société astronomique de France i 1906, i Videnskapsselskapet i Kristiania i 1914 og i Astronomische Gesellschaft i 1922. I 1926 fekk han "Fridtjof Nansens belønning" av Vitenskapsakademiet i Kristiania og i 1931 Gunnerusmedaljen frå Det Kongelige Vitenskapers Selskap i Trondheim.

I 1947 vart det trykt eit opprop i lokalavisene i Gudbrandsdalen med oppmoding om å gå saman for å reise eit minnesmerke over Sigurd Einbu. Oppropet var underteikna av mange framifrå kulturpersonar både lokalt og nasjonalt på den tida. Det skulle gå over 60 år før det vart fylgt opp.

Asgeir Brekke
Universitetet i Tromsø

Fysikk i skolen

Astronomi, et løft for fysikkfaget?

I de siste tiår har det vært mye omtale i media og blant skolepolitikere om norske elevers realfagkompetanse, ofte med bakgrunn i internasjonale undersøkelser som TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) og PISA (Programme for International Student Assessment).

TIMSS er en undersøkelse av elevers kompetanse og holdninger i matematikk og naturfag samt en del bakgrunnsvariabler om elevene, lærerne og skolen. Den første TIMSS-undersøkelsen ble gjennomført i 1995 og gjentas nå hvert 4. år. De siste resultatene som foreligger er fra 2007. Det var da over 60 land med, og ca 8700 norske fjerde- og åttendeklassinger deltok. TIMSS legger til rette for trendstudier. Elevenes prestasjoner og holdninger, samt bakgrunnsvariabler som tid brukt til lekser, hjemmebakgrunn og lærernes utdanning, kan sammenlignes med resultater fra tidligere undersøkelser.

I den norske rapporten fra TIMSS 2007⁽¹⁾ kom det fram at Norge skårer signifikant under det internasjonale skalerte gjennomsnittet både i matematikk og naturfag. Fysikk var det området i naturfag hvor norske elever presterte svakest.

Rammeplanen til TIMSS er basert på de deltagende landenes læreplaner. Samsvaret mellom rammeplanen for studien og norske læreplaner er derfor ganske høy. Astronomi er klassifisert som ett av fire delemner under geologi, men det kunne også vært klassifisert under fysikk, som består av 6 andre delemner. Vi ønsker å se på astronomi som en del av fysikk, og undersøke hvordan norske elever presterer i dette delemnet sammenliknet med hvordan de presterer i de andre 6 delemnene i fysikk.

En analyse av elevenes svar på samtlige astronomioppgaver i TIMSS 2007, viser en annen tendens enn det generelle bildet i fysikk. Norske åttende klassinger gjør det signifikant bedre enn det internasjonale gjennomsnittet på de fleste astronomi oppgavene. Men selv om man inkluderer astronomi som en del av fysikk sammen med de andre seks delemnene, blir det likevel ingen signifikante endringer av det generelle bildet som viser at norske elever presterer svakt i fysikk.

Mange undersøkelser, inkludert TIMSS 2007, viser at det er vanlig at elever har misoppfatninger

innen astronomi. En alminnelig misoppfatning er at det er dag og natt på jorda fordi jorda går rundt sola, videre at jorda bruker 24 timer rundt sola eller at årstider er en konsekvens av hvor langt unna sola er. På spørsmål som omhandler disse fenomenene, gjør de norske elevene det svært bra. Dette gjelder spesielt elevene i 8. klasse. Et eksempel på en astronomioppgave er vist nedenfor, med prosent av elevene som valgte de ulike alternativene.

Tabell 1. Oppgave: Et år er tiden det tar for

Alternativ	Norge	Int.gjsn.
A. jorda å rotere rundt sin egen akse	19 %	29 %
B. månen å kretse en gang rundt jorda	4 %	6 %
C. sola å kretse en gang rundt jorda	5 %	10 %
*D. jorda å kretse en gang rundt sola	70 %	53 %

Her velger 70 % av de norske elevene det riktige alternativet D, mens det internasjonale gjennomsnittet ligger på 53 %. Alternativ A representerer en typisk misoppfatning, nemlig at det tar ett år for jorda å rotere en gang rundt sin egen akse. Bare 19 % av norske elever velger dette alternativet, mens det internasjonale gjennomsnittet ligger på 29 %. Tilsvarende resultater finnes på andre astronomioppgaver, for eksempel hvorfor vi har årstider og dag/natt.

Flere undersøkelser

Vi vet fra flere undersøkelser at astronomi engasjerer elevene.

ROSE-undersøkelsen⁽²⁾ blant norske 15-åringer viste at selv om det generelt var store forskjeller mellom gutters og jenters interesser innen naturfag, var begge kjønn interessert i sorte hull og supernovaer, hvordan det føles å være vektløs i verdensrommet og om det finnes liv på andre planeter.

FUN-undersøkelsen blant fysikkelever i videregående skole⁽³⁾ indikerte at elevene var interessert i abstrakte temaer og i "de store spørsmål" (som kosmologi og relativitetsteori) som involverer å forstå verden, mens mer hverdagslige fenomener (som hvorfor det danner seg dugg på en bilrute) ikke var like interessante. Astronomi omhandler nettopp slike "store spørsmål", og resultatene fra TIMSS 2007 viser at de norske åttendeklassingene gjør det

bedre i astronomi enn i de andre delene av fysikken. Det synes nærliggende å tro at både elevers og læreres interesse og motivasjon for astronomi har bidratt til de gode resultatene på dette området.

Konklusjon

Det er flere refleksjoner man kan gjøre ut fra dette. Her vil vi bare peke på én ting: Det kunne kanskje være en god idé å nærme seg mer tradisjonelle, "kjedelige" temaer gjennom astronomien, for eksempel ved å ta utgangspunkt i de store bevegelsene i verdensrommet eller hvordan nordlys dannes, og bruke det som innfallsvinkel til både atomfysikk og elektromagnetisme. På denne måten kan man vise at en må bruke grunnleggende fysikk for å besvare "de store spørsmål" for å forstå verden. Fysikk som fag er svært omfattende og handler om "alt" fra det minste (atomer og kvarker) til det aller største (galakser, sorte hull og hele universet). Vi tror fysikkfaget kan bli mer levende og engasjerende ved å utnytte elevenes nysgjerrighet og interesse for astronomi!

Referanser

1. L.S. Grønmo og T. Onstad: *Tegn til bedring*. Unipub, Oslo (2009)
Ligger også på Internett: www.timss.no
2. <http://www.ils.uio.no/english/rose/network/countries/norway/nor/nor-schreiner-kimen-1-2008.pdf>
3. <http://www.fys.uio.no/skolelab/fun/FUN-bok.pdf>

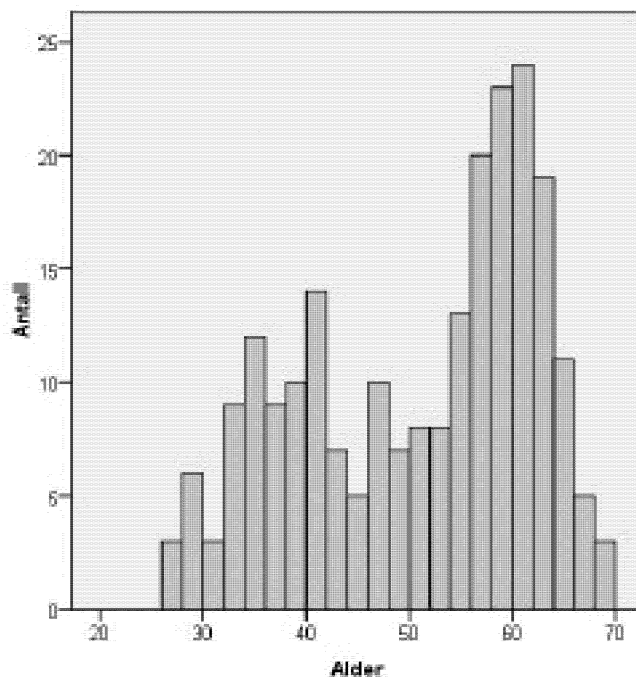
Trude Nilsen, Liv Sissel Grønmo,
Carl Angell og Ellen K. Henriksen,
Skolelaboratoriet, UiO

∞

Fysikk i skolen

Ta bølgen for nye fysikklærere!

Som de fleste er kjent med, representerer eldrebølgen en betydelig utfordring både i samfunnet generelt og innen fysikklærerstanden spesielt. Aldersfordelingen til norske fysikklærere har en



Figur 1. Aldersfordelingen til de 229 fysikklærerne som deltok i undersøkelsen til Skolelaboratoriet, Fysisk institutt, UiO, våren 2008. Vi ser antydning til en "topuklet" aldersfordeling med en skarpt definert "eldrebølgetopp" rundt 60 år, og en noe mindre markant topp mellom 30 og 40 år. Gjennomsnittsalderen er 50,5 år. Mer om undersøkelsen finnes på <http://www.fys.uio.no/skolelab/laereplanprosjektet/arbeidsdokument.pdf>

markant topp som nå ligger i overkant av 60 år og som stadig flytter seg nærmere pensjonsalderen.

Mange skoler har allerede fått problemer med å rekruttere nye, kvalifiserte lærere til å undervise i de nye programfagene Fysikk 1 og Fysikk 2 (tidligere 2FY og 3FY). Situasjonen er likevel ikke bare negativ; flere tiltak er iverksatt de siste årene som kan bidra til å utdanne flere fysikklærere.

De integrerte, 5-årige lektorprogrammene ved de fleste norske universitetene er ett slikt tiltak. Disse programmene gir studenter en 5-åring realfagsutdanning med praktisk-pedagogisk utdanning integrert i studiet. På denne måten unngår man problemet med at det har vært lite attraktivt for nyutdannede fysikere å ta ett års tilleggsutdanning (PPU) – uten lønn og med studielån – for så å gå ut i en jobb i skolen der lønnen er lavere enn det mange private bedrifter kan tilby. Høsten 2008 gjennomførte Karl-Robert Rønning en spørreundersøkelse blant realfagsstudentene på UiOs lektorprogram.⁽¹⁾ Den viste at studentene var fornøyde med programmet og at omtrent samtlige faktisk hadde tenkt å gå inn i jobber i skolen.

Et annet interessant funn fra denne undersøkelsen var at lektorstudentene, i mye større grad enn andre realfagsstudenter, oppga at lærere hadde vært en betydelig inspirasjon og motivasjon for deres utdanningsvalg. Det er altså slik at inspirerende realfagslærere avler nye realfagslærere!

Et annet tiltak er den såkalte "videreutdanningspakken" finansiert av Kunnskapsdepartementet, som iverksettes høsten 2009. (Videreutdanning, til forskjell fra etterutdanning, er formelt kompetansegivende og består oftest av kurs med eksamen.) Under denne ordningen kan lærere som underviser i realfag i videregående skole, men som mangler fysikk i fagkretsen, bli frikjøpt 50 % fra sin stilling for å følge kurs ved UiO, NTNU eller Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB). Spesialtilpassede kursopplegg på 60 studiepoeng (tilsvarende ett års heltidsstudium) er utviklet, og det er opprettet i alt 60 studieplasser i fysikk ved de tre institusjonene.

Ved Universitetet i Oslo har vi utviklet en kurspakke rettet mot lærere i arbeid som vil kvalifisere seg til å undervise i fysikk programfag eller som ønsker å øke sin kompetanse innen fysikkdelen av naturfaget. Vi tilbyr i alt 6 kurs à 10 studiepoeng.⁽²⁾ Hele pakken kan tas over to år med 30 studiepoeng i året. Studiet er basert på eksisterende emner i UiOs bachelorprogram, men med to viktige tilpasninger: Videreutdanningskursene gis som fjernundervisning med samlinger, og en liten del (10–20 %) av fagstoffet i hvert emne byttes ut med didaktisk stoff knyttet til undervisning i vedkommende emne. Høsten 2009 undervises de første to kursene i denne pakken: FYS 1020V – Astronomi i fysikk og naturfag, og FYS 2150 LV – Eksperimenter i fysikkundervisningen. De øvrige kursene i pakken er Mekanikk, Elektromagnetisme, Energi og termofysikk, og Kvante-fysikk. I alt 18 av de 20 plassene på høstens kurs ved UiO er besatt, og vi konstaterer med glede at kursdeltakerne har nettopp den bakgrunnen som vi etterspurte. De er til dels høyt kvalifiserte lærere med realfagsutdannelse og med tilstrekkelig matematikk i fagkretsen; og de er motiverte for å utvide kompetansen sin for å kunne undervise i fysikk.

Vi krysser fingrene for at hver av disse 18 – og deres kolleger fra UMB og NTNU – om et par år befinner seg i et av landets velutstyrte fysikklasserom, og gir undervisning av høy kvalitet til en full klasse av motiverte elever på full fart inn i en karriere innen naturvitenskap eller teknologi.

Referanser

1. Karl-Robert Rønning: *Lærerstudenter – Ikke som andre realister? En kvantitativ studie av realfagsstudenter på Lektor og adjunktprogrammet ved Universitetet i Oslo*. Masteroppgave, Fysisk institutt, UiO (2009), http://www.fys.uio.no/skolelab/master/oppgaver/Masteroppgave_KRR.pdf
2. Kurspakken er beskrevet på: <http://www.fys.uio.no/skolelab/EVU/videreutdanning-60p.html>

*Ellen K. Henriksen, Carl Angell og Trude Nilsen
Skolelaboratoriet, Fysisk inst., UiO*

∞

Bokomtale

Albert Furrer, Joël Mesot and Thierry Strässle: *Neutron Scattering in Condensed Matter Physics*. World Scientific, 2009 (301 sider) \$ 32,– hefta.

og

B. Terry, W. Willis and Colin J. Carlile: *Experimental Neutron Scattering*. Oxford University Press, 2009 (325 sider) \$78,59.

Desse bøkene kjem på eit høveleg tidspunkt, for 2009 blir eit merkeår når det gjeld bruk av nøytronstråling i materialforskning: I mai 2009 vart det vedtatt å bygge den europeiske supernøytronkjelda ESS (European Spallation Source). Den skal plasserast i Skandinavia (Lund)!

Dei to bøkene liknar kvarandre i innhald og nivå, og vil nok tevla om den same lesarkretsen. Begge bøkene er skrivne på basis av forelesingsseriar. Forfattarane er alle velkjente eksperimentalar i feltet. Både Furrer og Willis er professores emeriti, ved ETH, Zürich, og University of Oxford. Mesot og Strässle er forskarar ved ETH. Carlile har lang fartstid som forskar ved nøytroninstallasjonen ILL i Grenoble og ISIS i Chilton, UK. No er han direktør for ESS og professor ved Universitetet i Lund.

Trass i at nøytronstråling som materialforskningsverktøy har eksistert i 60 år, er det lite med litteratur som dekkjer heile feltet. Desse to bøkene freistar rette på dette. Dei er først og fremst nyttige referansebøker og innføringslitteratur for forskarar på området. Truleg er dei for detaljerte for å nytast som undervisningsmateriell i generell material-

fysikkundervising, men kan eigne seg godt som spesialpensum for doktorandar.

Nøytronstråling frå uranbaserte fisjonsreaktorar vart utvikla i 1950–60-åra til å bli eit viktig og uunnverleg verktøy i materialforskinga. Etter 1981 er akseleratorbaserte kjelder komne i tillegg.

Det er spesielt fire eigenskapar ved nøytronstrålar som gjer dei viktige som supplement til røntgenstråling for materialforsking. i) Dei har bølglengder i området 0,5–5 Å, omtrent som røntgen, men betre inntrengingsevne fordi nøytronet er nøytralt. ii) Kvanteenergien er i same område som termisk rørsle i materiale ($\sim$ meV), og vibrasjonseksitasjon og diffusjon kan studerast med nøytron. iii) Vekselverknaden med materialet er ved atomkjernane (røntgen vekselverkar med elektronen), og vekselverknaden er ikkje knytt til atomnummeret, men til isotopslaget. Det gjer at lette atom som hydrogen kan lokalisast, og dette er viktig i studiet av metallhydrid og av organiske og biologiske stoff. iv) Nøytronet har eit magnetisk moment som gjer at nøytronstrålar kan nyttast for studium av materialmagnetisme (ferro-, ferri og antiferro-magnetar).

Begge bøkene går grundig gjennom desse aspekta. Jamvel om eksperimentelle og praktiske spørsmål er vektlagt, gir bøkene i tilstrekkeleg grad også det teoretiske grunnlaget for nøytronspreiing frå faste stoff og væsker. Ein del plass går også med til å gjennomgå element frå faststoff-fysikken, som periodisitet og resiprokt rom, og gitterdynamikk og andre tidsavhengige fenomen.

Bøkene er disponerte noko ulikt. Den første er i stor grad oppdelt i avsnitt etter problemområde: Amorfe materiale; Magnetiske strukturar; Faseovergangar; Supraleiing; Superfluiditet; Defektar; Overflater og grenseflater; Hydrogendynamikk; Gittervibrasjonar; og Magnetiske eksitasjonar. Feltet Krystallfelt-overgangar har fått ein brei plass.

Den andre boka er delt opp meir etter metodar. Boka har tre hovudavsnitt: I Generelt, II Diffraksjon og III Spektroskopi. Underinndelingar for del II er: Einkrystall-diffraksjon; Polykrystall-diffraksjon; Polariserte nøytron og magnetisme; Småvinkel-diffraksjon; Nøytron-optikk og reflektometri; og Diffraksjon av amorfe stoff. For del III er inndelingar: Koherent uelastisk; Inkoherent uelastisk; Kvasielastisk; og Høgoppløysingsspektra. Nøytronspektroskopien er grundigare behandla i denne boka enn i den første.

Det kan hende at Willis and Carlile har skrive den mest pedagogiske av dei to bøkene. Dei går

elles noko grundigare til verks i beskrivinga av nøytron-kjelder, m.a. med ein fyldig historisk oversikt over utviklinga, heilt frå CP-1-reaktoren av 1942 i Chicago, til spallasjonskjeldeprosjekt som ESS av 2009. Som nordmann leiter eg forgjeves etter dei norske reaktorprosjekta på Kjeller. JEEP I av 1951, var faktisk den første uranreaktoren utanom stormaktene. Den var i drift til 1967. JEEP II frå 1966 burde vel også ha vore nemnt som den eldste forskingsreaktoren som framleis er i drift i 2009 og som i fjor fekk konsesjon for ti nye år!

Emil J. Samuelsen
Institutt for fysikk, NTNU.

∞

Nye Doktorer

Eirik Glimsdal



Sivilingeniør Eirik Glimsdal forsvarte 18. september 2009 sin avhandling *Spectroscopic characterization of some platinum acetylide molecules for optical power imiting applications*, for graden PhD ved NTNU.

Forskning på laserteknologi har de siste ti-årene resultert i en utvikling av mange ulike lasere til ulike formål. Lasere har et stort anvendelsesområde både i det sivile og i det militære. Det er også vist at lasere med høy intensitet, effektivt kan ødelegge optiske målesensorer, deriblant også vårt eget øye. Det har derfor oppstått et behov for å beskytte slike måleinstrumenter mot skadelige laserstråler. En beskyttende innretning må kunne absorbere eller reflektere den skadelige laserstrålen samtidig som den slipper gjennom det vanlige lyset sensoren er ment å

skulle oppdage. En slik innretning kan konstrueres fra såkalte ikke-lineære absorberende molekyler. En type molekyler som har disse ikke-lineære egenskapene kalles platina(II)-acetylider, og består av et tungt platinaatom bundet til to hydrokarbonkjeder med spesiell elektronstruktur. I denne avhandlingen er de fotofysiske egenskapene til disse molekylene studert for bedre å kunne forstå de prosessene som gir opphav til den spesielle absorberende effekten, og for å finne nye modifiseringer av dette molekylet som kan gi en enda bedre absorpsjon av den skadelige laserpulsene.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk ved NTNU, med professor Mikael Lindgren som veileder. Eirik Glimsdal er nå ansatt som forsker ved Forsvarets forskningsinstitutt.

∞

Trim i FFV

Løsning på FFVT 3/09

Virustesten

Et nytt virus er oppdaget. Infeksjon gir ingen symptomer, og spredningsmåten er ukjent. Men en har funnet ut at én promille av befolkningen er infisert. En enkel test gir en nøyaktighet på 95 %. Hvis denne testen viser at en er infisert, hvor stor er da sannsynligheten for at en virkelig er smittet?

Sannsynligheten for at en er infisert er da mindre enn 2 %, så det er ikke stor grunn til bekymring!

Dette skyldes at så få er infisert (1 av 1000), samtidig som 5 av 100 ikke-infiserte blir klassifisert feil. Disse 5 % med "falskt positivt" testresultat oversvømmer de få som virkelig er infisert.

La oss regne gjennom et eksempel med en populasjon på 20 000 individer.

Én promille, 20 personer, er virkelig infisert. Av disse vil 19 (95 %) få "riktig positivt" resultat i testen, mens 1 (5 %) vil få "falskt negativt" testresultat. Testen vil da benekte en virkelig infeksjon.

19980 er ikke infisert. Av disse vil 18981 (95 %) få "riktig negativt" resultat, mens 999 (5 %) vil få "falskt positivt" resultat. Det er altså $19 + 999 = 1018$ positive testresultater, men bare 19 er riktige og 999 er feilaktige. Sjansen for å være en av de 19 blant de 1018 positive er $19/1018 = 1,87 \%$.

Denne hjernetrimmen viser tydelig at nøyaktigheten ved testene for sjeldne sykdommer må være høy for at resultatene skal kunne anvendes fornuftig.

FFVT 4/09

Bordet vipper

Vi forsøker oss denne gangen med en oppgave hvor løsningen er et enkelt, logisk resonnement som kan løse et av dagliglivets små problemer.

Et kjøkken har ujevnt gulv med tilfeldig bølget overflate. Når et firkantet bord plasseres vil vanligvis ett av bena unngå å rekke ned til gulvet, så bordet står og vipper. Bordbena er vesentlig lengre enn ujevnhetenes høyde.

Vil det alltid være mulig å flytte bordet slik at alle fire bena står på gulvet (uten at bordplaten nødvendigvis står vannrett)? Eller kan gulvet være ujevnt på en slik måte at ingen bordplassering oppfyller dette kravet?

∞

Nytt fra NFS

Nye medlemmer 29. sept. 2009

Baine, Terrence; Lovisenberggt. 4D, 0456 Oslo

Ferignac, Philippe; Grønlandsleiret 46, 0190 Oslo

Frågåt, Thomas; Jessheim vgs., Ringveien 50, Postboks F, 2050 Jessheim

Kjelling, Bård Martin; Bodø vgs., Amtmann Heggens vei 3/4 8041 Bodø

Klubicka, Andrea; Skogstøstraen 37, 4029 Stavanger

Lokøy, Rolf; Fugro Seastars AS, Hoffsvæien 1C, 0213 Oslo

∞

Retningslinjer for forfattere

FRA FYSIKKENS VERDEN utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høyskoler med fysikk i sine fagkretser. Andre kan også abonnere på bladet. 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 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er f.t. 1900.

FORMÅLET MED FFV er å gi informasjon om aktuelle tema og hendinger innen fysikk, og å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker FFV å være til hjelp for elever og lærere i videregående skoler og andre undervisningsinstitusjoner. Dette krever at artikler og annet stoff er skrevet på norsk og på en lett forståelig måte. Faguttrykk må defineres. En verbal form er oftest å foretrekke fremfor matematikk. Men det må brukes standard begreper og enheter. Matematikken må være forståelig for vanlige fysikkstudenter. Artiklene i FFV skal primært gi informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare forstås av en liten faggruppe har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redaksjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

MANUSKRIPTER leveres i en form som forfatteren mener er direkte publisierbar. De skal leveres elektronisk, helst som e-post. Dersom formatet ikke er ren tekst (helst LATEX) eller i Microsoft Word, må det merkes med hvilket tekstbehandlingsprogram som er brukt. Under alle omstendigheter må redaksjonen kunne forandre teksten direkte.

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

SMÅSTYKKER: Gratulasjoner, nekrologer, bokomtaler, skolestoff, møtetreferater etc. mottas gjerne, men de må ikke være lengre enn 1–2 sider. Bokkronikker kan være noe lengre. Doktoromtaler begrenses til en halv side inkludert bilde.

ILLUSTRASJONER er en viktig del av en artikkel. Legg derfor mye omtanke i figurene. All tekst skal være på norsk. Figurene vil som regel bli trykt i svart/hvitt med en spaltebredde på 8,6 cm. Av økonomiske grunner vil bilder bare i spesielle tilfeller trykkes i farger. Figurene bør være på elektronisk form i et standard grafisk format og med god oppløsning. Vi kan unntaksvis motta figurer eller bilder som urastrerte kopier. Figurer og tabeller skal være referert i den løpende teksten, og ønsket plassering må 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 av artiklene. De må være teknisk gode og kan trykkes i farger.

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:

Professor Gunnar Løvholden

Fysisk institutt, UiO.

e-post: gunnar.lovholden@fys.uio.no

Visepresident:

Førsteaman. Øyvind Frette

Inst. for fysikk og teknologi, UiB.

e-post: oyvind.frette@ift.uib.no

Styremedlemmer:

Professor Øystein Elgarøy

Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO

Professor Ulf Kristiansen

Inst. for elektronikk og telekom. NTNU

Forsker Ole Martin Løvvik

Senter for materialvitenskap og nanoteknologi, UiO

Førsteaman. Kjartan Olafsson

Inst. for fysikk og teknologi, UiB

Professor Einar Sagstuen

Fysisk institutt, UiO

Professor Jon Samseth

Høgskolen i Akershus, Lillestrøm

Lektor Morten Trudeng

Asker videregående skole

Selskapets sekretær:

Cand.scient. Øyvind Svensen

Inst. for fysikk og teknologi, UiB,

Allégaten 55, 5007 Bergen.

Tlf.: 55 58 28 78, Faks: 55 58 94 40

e-post: oyvind.svensen@ift.uib.no

Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Professor Øystein Elgarøy

Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO

Professor Øyvind Grøn

Høgskolen i Oslo og Fysisk inst. UiO

Redaksjonssekretær:

Overingeniør Karl Måseide

Fysisk institutt, UiO

Redaksjonskomité:

Professor Åshild Fredriksen

Institutt for fysikk, UiT

Professor Per Chr. Hemmer

Institutt for fysikk, NTNU

Førstelektor Ellen K. Henriksen,

Fysisk institutt, UiO

Professor Per Osland

Institutt for fysikk og teknologi, UiB

Ekspedisjonens adresse:

Fra Fysikkens Verden

Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.

Tlf.: 22 85 64 28 / 22 85 56 68

Fax.: 22 85 64 22 / 22 85 56 71

e-post: oystein.elgaroy@astro.uio.no

e-post: oyvind.gron@iu.hio.no

e-post: k.a.maseide@fys.uio.no

Bankgiro: 1503.09.65474

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