Fra Fysikkens Verden

Nr. 4 – 2004
66. årgang

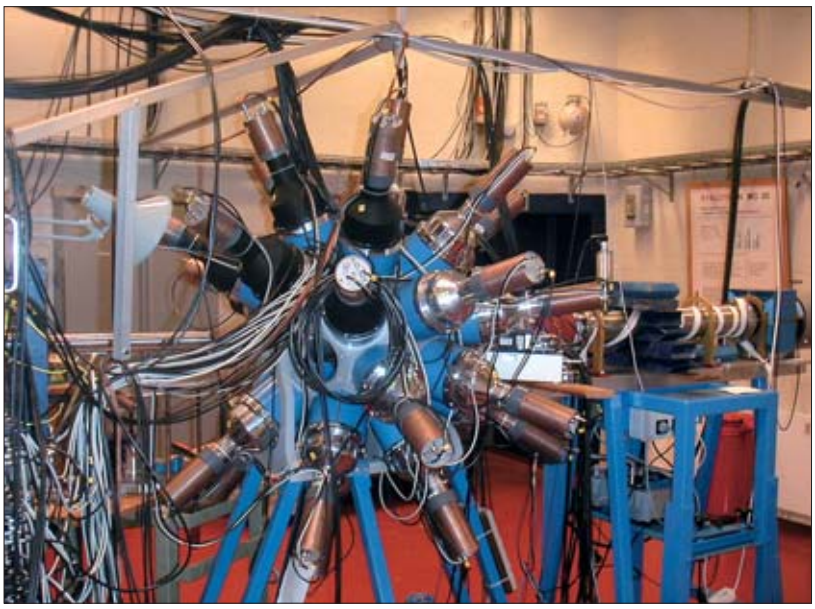
Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

N. Voje Johansen og F. Ravndal:
Jørg T. Jebsen og Birkhoffs teorem 96
M. Guttormsen, F. Ingebretsen og S. Siem:
Syklotronen i Oslo 25 år. 104
Bjørn H. Samset:
Nobelprisen i fysikk 2004: Asymptotisk frihet 107
Sverre Holm:
Radiosignaler med forsinkelse . 110
Øyvind Grøn::
Gravitasjonell rødforskyvning. . 113
Fra Redaktørene 94
FFV Gratulerer 94
Arne Brataas
Alfred Hanssen
Thomas Tybell
Nye Doktorer 116
Dr.ing. Steinar Bjørnstad
Dr.scient. Erik Wolden Dvergsnes
Dr.scient. Jarle Andre Johansen
Dr.scient. Wafaa Khater
Trim i FFV 118
Bokomtale 119
Nytt fra NFS 119
Fysikkåret 2005
Nye medlemmer



Spektrometeret CACTUS ved Syklotronlaboratoriet i Oslo
(Se artikkel)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Med dette nummer av Fra Fysikkens Verden avsuttes årgang 66, og bladet har derved kun ett år igjen før normal pensjonsalder er nådd. I løpet av disse årene har bladet kommet ut stort sett med jevne mellomrom. Formatet har vært forandret to ganger siden årgang 1, mens innholdet og den usminkede layout har vært forbausende uforandret. Det betyr at alle redaksjoner har lagt hovedvekten på det faglige innholdet, mens kreativ og fantasifull layout har vært nedtonet. Vi har aldri gjort noen leserundersøkelse, men vårt inntrykk er at FFV blir lest av sine abonnenter, forutsigbar og enkel form til tross - eller kansje nettopp derfor?

Hva som vil skje når FFV når pensjonsalderen er ikke klart. Ett er i alle fall sikkert, vårt moderne samfunn er ikke blitt papirløst - ennå - slik mange mente for noen år siden. Vi tror derfor at FFV fortsatt vil komme ut i en form som neppe vil avvike noe særlig fra dagens.

Når dette er sagt er det viktig å minne våre lesere om at det faglige innholdet er alles ansvar. Å formilde til dels komplisert fagstoff til ikkespesialister slik at det blir forstått er ingen spøk. Det koster omtanke og arbeid. Tilgangen på godt stoff har vært til dels bra under denne redaksjonens virke, men konjunkturene har variert. Og akkurat nå er det lavkonjunktur. Vi vet utmerket godt at det er mye kreativ virksomhet og oppmerksomhet blant norske fysikere, og FFV vil gjerne være med og formidle dette videre. Så vårt lille førjuls hjertesukk er: Skriv i FFV!

Til slutt en liten ekstra påminnelse: Etter at postkontorene ble "privatisert" påføres ikke returblader ny adresse. Dersom du flytter er det ytterst vanskelig for oss å oppspore deg. Bunken av blad med adresse ukjent vokser derfor raskt. Vi bruker faktisk en god del tid i våre forsøk på å oppspore forsvunne abonnenter. Vi minner derfor alle om å melde adresseforandring til oss. Det enkleste er å bruke e-post, men god gammeldags sneglepost kommer også som regel fram. Medlemmer av Norsk Fysisk Selskap bør melde adresseforandringen direkte til selskapets sekretær. FFVs redaksjon må allikevel sende den videre dit.

∞

FFV Gratulerer

Norges forskningsråds program "Yngre fremragende forskere" er initiert for å gi forskere under 40 år gode økonomiske kår i fem år for å "nå internasjonal toppklasse og utvikle seg til gode forskningsledere". Støtten er på inntil 2 millioner kroner. Totalt ble 26 av 217 søknader innvilget i denne søknadsrunden, og av disse var det seks fysikere. Vi omtalte tre av disse i forrige nummer av FFV, og følger nå opp med gratulasjonsomtale av de tre andre.

Arne Brataas

Norges forskningsråd har tildelt professor Arne Brataas bevilgning og status som Yngre fremragende forsker, og han var en av to forskere ved NTNU som ble tildelt en slik bevilgning.

Arne Brataas kom til NTNU som førsteamanuensis i 2002, og ble snart etter innvilget opprykk til professor. Han mottok Fritjof Nansens belønning til yngre forskere fra Det Norske Videnskaps-Akademi i 2002. Han har tidligere også mottatt Esso-prisen fra NTNU for beste doktorgrad innen grunnforskning i 1998 og Elf-prisen for fremragende sivilingeniør-studieresultater ved Universitetet i Trondheim i 1994.

Brataas er 35 år gammel, og allerede anerkjent som en av de beste fysikerne i Norge. Han har vært medforfatter på mer enn 60 artikler i ledende internasjonale tidsskrifter som er sitert 750 ganger (ISI Web of Knowledge, November 2004). De siste fem årene har han publisert ni artikler i Physical Review Letters, det ledende internasjonale tidsskriftet innen fysikk. Det er neppe noen norske fysikere som har en større produksjon de siste årene. Han har også i dag sendt inn tre nye artikler til vurdering, så produktiviteten er meget høy.

Brataas har tidligere arbeidet fire år ved Harvard University med Bert I. Halperin, i et miljø som anerkjennes som kanskje det beste i verden innen kondenserte mediers fysikk. Han har også arbeidet ved det ledende laboratoriet innen nanoskala-fysikk, TU Delft, som er det eneste universitetsmiljøet utenfor USA som har oppnådd finansiering og anerkjennelse fra Fred Kavli som et Kavli-institutt for nanovitenskap. Brataas underviser tre PhD-studenter, og fra nyttår vil ytterligere to postdocforskere bli ansatt med YFF-bevilgningen.

Sammen med Asle Sudbø er Brataas blitt prosjektleder ved Center for Advanced Studies, CAS, i Oslo, i året 2006–2007 for et prosjekt på området "Spin and Charge Flow in Nanostructures". Tildelingen skal brukes til å bygge opp en slagkraftig internasjonal forskergruppe. Man kan lett se for seg viktige ringvirkninger for flere deler av fagområdet fysikk i Norge. Prosjektet tar for seg teoretiske aspekter på transportteori i nanoskalasystemer. Kombinasjonen av ekspertise som vi representerer, har vunnet fram og fått særdeles gode referee- uttalelser. Målet er å få fram en forskergruppe som skal kunne komme med fundamentale bidrag innenfor teoretisk fysikk. Men området har også mange teknologiske aspekter. Det vil ha betydning for områder som nanoelektronikk, materialfysikk for kombinasjoner av halvledere og vanlige metaller med magnetiske og superledende materialer. Dette er en stor utmerkelse i en knivskarp konkurranse.

Det er derfor en ung og meget meritert fysiker som har fått tildelingen Yngre fremragende forsker, og vi har all grunn til å tro at nye og interessante resultater vil komme som et resultat av denne satsingen fra NFR på dette forskertalentet. – Vi gratulerer!

Asle Sudbø

Alfred Hanssen

Professor Alfred Hanssen, Institutt for fysikk, Universitetet i Tromsø, ble tildelt midler under YFF programmet for prosjektet "Signal processing for inhomogeneous random fields".

Hanssen har sin utdanning innen teoretisk plasmafysikk, men har de siste årene bygd seg en internasjonal karriere innen statisitisk signalbehandling. Prosjektet som mottar NFR-støtte er i hovedsak rettet mot multidimensjonal signalbehandling, med fysiske og teknologiske anvendelser som drivkraft.

Den konvensjonelle beskrivelsen av stokastiske prosesser forutsetter som oftest statistisk stasjonaritet, dvs. at essensielle statistiske mål ikke endres over tid. For romlige stokastiske felter forutsetter likeledes den konvensjonelle beskrivelsen romlig homogenitet. I løpet av den 5-årige prosjektperioden har Hanssen satt seg som mål å konstruere et solid teoretisk fundament for simultant inhomogene og ikke-stasjonære stokastiske felter, samt å belyse noen interessante fysiske og teknologiske anvendelser av teorien. Det finnes et utall potensielle ikke-trivielle anvendelser innen elektromagnetisme, akustikk, fluid- og plasmafysikk, samt trådløs kommunikasjon, radar- og sonarteknologi.

Hanssen er dr.scient. fra Institutt for fysikk, UiTø. Han var post.doc. ved Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO, og han har tilbrakt flere år ved utenlandske forskningsinstitusjoner (Max-Planck-Inst. für Aeronomie, Lindau, Tyskland; Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA; European Commission – Joint Research Center, Ispra, Italia; Colorado State University, Ft. Collins, Colorado, USA). Hanssen er Associate Editor for tidsskriftet EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, og han er valgt medlem i styret for IEEE Signal Processing Society Technical Committee on Sensor Array and Multichannel Signal Processing. – Vi gratulerer! Egeland

Thomas Tybell

Det avstedkom kan hende noen hevede øyenbryn da førsteamanuensis Thomas Tybell (f. 1970), Institutt for elektronikk og telekommunikasjon, seilte fram som den ene av 2 vinnere fra NTNU i den knivskarpe tevlingen om status og bevilgning som "Yngre fremragende forsker" (YFF) våren 2004. For oss som kjenner hans meritter og har fulgt hans arbeid på nært hold, fra han feide inn på Gløshaugen som postdoc vinteren 2002, kom dette imidlertid ikke som noen stor overraskelse. Tybell har i den korte perioden han har virket ved NTNU framstått som en særdeles oppdatert, initiativrik og energisk forsker, med et vell av ideer til eksperimentelle studier av komplekse oksid tynnfilmer med elektroniske egenskaper som spenner fra ferroelektriske isolatorer til høytemperatur supraledere.

Tybell har i særlig grad gjort seg bemerket for sine arbeider på manipulasjon og avbildning av nanometerskala ferroelektriske doméner i epitaksielle tynnfilmer av blyzirkonat-titanat (PZT) og for sine studier av dynamikken til domènevegger i slike filmer. Arbeidene er publisert i høyt renommerte tidsskrift som Science, Physical Review Letters og Applied Physics Letters, og har resultert i en rekke invitasjoner til seminar og foredrag på sentrale internasjonale konferanser. Tybell er tildelt YFF-midler på prosjektet *"Nanoscale Ferroelectrics for Oxide Nanoelectronics"*, som beskriver oppbygging av en plattform for eksperimentelle studier av nanoskopiske perovskitt tynnfilmstrukturer med kontrollerte fysikalske egenskaper, for fremtidige anvendelser innen nanoelektronikk og NEMS (nanoelektromekaniske systemer).

Tybell er utdannet civilingenir fra KTH i Stockholm, med spesialisering innen anvendt fysikk. Han tok sin doktorgrad (PhD) ved Universitetet i Genève, Institutt for kondenserte fasers fysikk, i 2000 med avhandlingen *"A scanning probe study on ferroelectrics; finite size effects and local electronic writing"*. Etter avlagt doktorgrad var Tybell postdoc i Genève ett år, før han kom til Institutt for fysikalsk elektronikk, NTNU, som postdoc i januar 2002. Han tiltrådte stilling som førsteamanuensis ved samme institutt i september 2003. Tybell har også utmerket seg som engasjert og inspirerende foreleser og forskningsveileder. Foruten YFF- søknaden, har han vist initiativ og evne til å skaffe ekstern finansiering for sin forskning, bl.a. fra Forskningsrådets NANOMAT-program på prosjektet *"Oxides for Future Information and Communication Technology"*. Tybell har engasjert seg sterkt i oppbyggingen av et tverrvitenskapelig samarbeid innen nanoteknologi ved NTNU. Han ble våren 2004 utnevnt av rektor til å lede etableringen av "NTNU Nanolab". – Vi gratulerer!

Jostein Grebstad

∞

Jørg T. Jebsen og Birkhoffs teorem

Nils Voje Johansen * og Finn Ravndal* **

Verdens fysikkår 2005 nærmer seg, og sentralt i markeringen står Albert Einstein og relativitetsteorien. Det har inntil nå vært totalt ukjent at en nordmann arbeidet på høyt vitenskapelig nivå med den generelle relativitetsteorien så tidlig som i 1920. Jørg Tofte Jebsen er nordmannen som burde vært husket fordi han var den første som fant den mest generelle kulesymmetriske løsningen av Einsteins feltlikning, men som i stedet er så glemt at han ikke engang finnes i noen fortegnelse over norske realister. Det vi i dag kjenner som Birkhoffs teorem i den generelle relativitetsteorien, burde egentlig vært kjent som Jebsens teorem.

Om gravitasjonsteorien

Før vi ser nærmere på personen Jørg Tofte Jebsen, skal vi kort si noe om Einsteins gravitasjonsteori. I mars 1916 offentliggjorde Albert Einstein sin generelle relativitetsteori i tidsskriftet *Annalen*

Figur 1. Jørg Tofte Jebsen

* Matematisk institutt, Universitetet i Oslo

** Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

der Physik. Gravitasjonsteorien som her formuleres, skiller seg radikalt fra Newtons gravitasjonsteori. Et av de viktige begrepene i den klassiske teorien er gravitasjonspotensialet $\Phi(r)$. Betrakter vi en masse M, så blir dette $\Phi(r) = -\frac{GM}{r}$ i en av stand r fra massen. Denne vil tiltrekke seg en annen masse m, som vi da sier beveger seg under innflytelse av den tilsvarende gravitasjonskraften $F = \frac{GMm}{r^2}$. I Einsteins teori finnes ingen gravitasjonskrefter. Massen m vil bevege seg fritt, men i et krumt tidrom hvor krumningen er forårsaket av M. Massen påvirker altså hvordan rommets geometri er og dermed hvordan andre masser beveger seg. Det ikke-relativistiske gravitasjonspotensialet må erstattes med de ti komponentene til den såkalte metrikken $g_{\mu\nu}$, og de bestemmer de geometriske egenskapene til rommet.

For å illustrere hvordan tyngdekraften oppstår i Einsteins teori, betrakter vi to personer på jordkloden som befinner seg i en viss avstand fra hverandre ved ekvator. Hvis de begynner å gå rett nordover med samme hastighet, vil de oppleve at de kommer nærmere og nærmere hverandre. Hvis de ikke visste bedre, ville de si at de ble trukket mot hverandre av en ukjent kraft. Det er imidlertid krumningen av flaten som gir denne effekten og ingen tiltrekning mellom personene. Denne effekten kan beregnes og uttrykkes ved den såkalte Riccis krumningstensor, $R_{\mu\nu}$, som er gitt ved deriverte av metrikken $g_{\mu\nu}$. På samme måte som i Newtons teori hvor gravitasjonspotensialet bestemmes ut fra de massene som forefinnes, vil de relativistiske potensialene $g_{\mu\nu}$ i Einsteins teori følge av den såkalte energi-impulstensoren gitt ved materien som er til stede. Ved hjelp av Riccis krumningstensor fant Einstein i november 1915 etter store anstrengelser, ligningen som gjør det mulig å beregne metrikken fra en gitt massefordeling. I områder av tidrommet hvor det ikke finnes noen masse, slik som utenom solen og planetene i solsystemet, kunne Einsteins gravitasjonsligning forenkles. Allerede i 1915 hadde Karl Schwarzschild løst denne likningen utenfor en kulesymmetrisk masse M som ikke forandrer seg med tiden. Det Jebsen gjorde i 1920, var å stille seg spørsmålet hvordan denne løsningen ville forandres hvis massen M ikke var statisk, men for eksempel oscillerte. Han kom frem til det overraskende resultat at løsningen måtte bli nøyaktig den samme som Schwarzschilds løsning. Dette er analogt med at det elektriske potensialet utenfor en kulesymmetrisk ladningsfordeling er gitt ved Coulombs lov, og derfor er statisk selv om ladningen oscillerer i radiell retning.

Resultatet har spilt en stor rolle i mange anvendelser av Einsteins generelle relativitetsteori. Som et eksempel kan nevnes at i våre dager brukes det til å forklare at radiell kollaps av stjerner, som i supernovaeksplosjoner, ikke vil gi noen gravitasjonsstråling.

Hvem var Jørg T. Jebsen?

Jørg Tofte Jebsen ble født i Berger i Vestfold. Her hadde bestefaren Jürg Jebsen og faren Jens Johannes Jebsen i 1880 etablert fabrikken Jens J. Jensen & Co og kjøpt gården Berger med tilhørende fossefall. Året etter startet de den første av de to ullvarefabrikkene, Berger og Fossekleven fabrikker. Her drev de vaskeri, fargeri, spinneri og veveri, og de to fabrikkene sysselsatte på det meste mellom 250 og 300 arbeidere. Fabrikkeier Jens J. Jebsen giftet seg 13. mai 1884 med Agnes Marie Tofte. Fire år senere ble Jørg Tofte født, 27. april 1888. Han var barn nummer tre og eldste sønn i familien. Etter folkeskolen begynte han på middelskolen i Kristiania, nærmere bestemt på Vestheim skole. Deretter

Figur 2. Jørg Tofte Jebsen var barn nummer tre og eldste sønn i barneflokken. Her fotografert etter at han tok artium i 1906.

tok han reallinjen på Aars og Voss' skole før han i 1906 avla eksamen artium med ikke altfor imponerende karakterer. Men i matematikk gikk det bra; både til den skriftlige og den muntlige eksamen fikk han *Meget tilfredstillende.* Til privatpreseptor (veileder) på universitetet valgte han fysikeren Oskar Emil Schiøtz. Etter artium ble det imidlertid ikke videre studier ved universitetet. I stedet forberedte han seg på å delta i driften av fabrikkene på Berger. Turen gikk derfor til Tyskland, nærmere bestemt til Aachen, hvor han tilbrakte to år ved *Höhere Fachschule für Textilindustrie.* Deretter var han et halvår i Bradford i England, før han vendte tilbake til Norge hvor han begynte å arbeide ved farens fabrikker.

Men Jebsen ville bli fysiker

En sterk interesse for realfag gjorde imidlertid at Jebsen våren 1909 begynte å studere til embetseksamen, og hovedinteressen hans var fysikk.[1] Våren 1909 var forøvrig en interessant tid for en ung fysikkstudent. Nettopp denne våren ble foreningen *Fysisk Selskab* dannet etter initiativ av professor Vilhelm Bjerknes og amanuensis Sem Sæland. Selskapets mål var å fremme interessen for fysikk ved å avholde regelmessige møter der nasjonale og internasjonale forskningsresultater ble referert og diskutert. Møtene var også åpne for studenter så det er gode muligheter for at Jebsen deltok. Muligens var han til stede på møtet 11. november 1910 og hørte Vilhelm Bjerkenes holde foredrag over temaet *Relativitetsprincipet.* Bjerknes støttet seg stort sett til Max Plancks foredrag om den moderne fysikk som han hadde holdt på naturforskermøtet i Königsberg.[2]

Jebsens studier ble imidlertid i stor grad satt til side høstsemesteret 1911 og vårsemesteret 1912, da han oppholdt seg i Trondheim og gikk rektor Sem Sæland til hånde. Sæland var våren 1910 blitt hentet fra sin stilling som professor ved Universitet i Kristiania for å bli rektor ved Norges Tekniske Høiskole som ble åpnet 15. september samme høst. Arbeidsoppgavene som assistenten fikk var vesentlig knyttet til oppstilling og klargjøring av apparaturen som skulle brukes til det eksperimentelle oversiktskurset i fysikk. I tillegg skrev Jebsen, på bakgrunn av Sælands manuskript, de forelesningsheftene som studentene fikk. Etter oppholdet i Trondheim vendte Jebsen høsten 1912 tilbake til Kristiania og avla våren 1913 bifagseksamen i matematikk, geografi/astronomi, kjemi og geologi/mineralogi med hovedkarakter 2,78 (Godt).

Nå kunne Jebsen for alvor ofre seg for fysikken, som jo hadde vært hovedinteressen hans hele tiden. Han arbeidet en stund under dosent Lars Vegards ledelse, og studerte spesielt interferens av røntgenstråler ved gjennomgang i krystaller. Studiene av røntgenstråler førte Jebsen utenlands. Våren 1914 reiste han til Berlin for å studere ved universitetet der. Her arbeidet han videre med interferens av røntgenstråler sammen med Robert Wichard Pohl. Pohl hadde i 1911 avlagt sin habilitetseksamen (eksamen for å få undervisningsrett ved universitetet) nettopp på røntgenstråler, og han ble fra 1916 professor i eksperimentalfysikk ved Universitetet i Göttingen.

Mens Jebsen oppholdt seg i Berlin fikk han også tid til å høre forelesninger av Max Planck over teoretisk optikk. Om han hørte eller så noe til Albert Einstein, vet vi ikke, men sjansen var der i alle fall siden Einstein i 1913 var innvalgt i Akademiet i Berlin og ankom byen i april 1914. Den som sterkest hadde ivret for å få Einstein til Berlin var nettopp Planck.

Teoretisk fysikk hjemme i Berger

Etter oppholdet i Tyskland reiste Jebsen tilbake til Kristiania. Det synes imidlertid klart at oppholdet i Berlin hadde påvirket ham, fra nå av var han vesentlig opptatt av teoretisk fysikk. Spesielt var det elektrodynamikken som hadde fanget hans interesse. Selv oppgir han at det fremfor alt var arbeidene til James Clerk Maxwell og Heinrich Hertz, og de nyere arbeidene til Hendrik Antoon Lorentz, Max Abraham, Albert Einstein og Hermann Minkowski, som opptok ham. Jebsen var spesielt opptatt av hvordan teoriene deres kunne forenes. Men samtidig som han nå med full kraft kastet seg over disse arbeidene, merket han at noe var galt med helsen. Ikke slik å forstå at han var direkte syk, men han ble fortere slapp og orket ikke å holde det normale arbeidstempoet. I tillegg skulle studiene hans nok en gang bli avbrutt av et opphold i Trondheim. Fra september 1916 ble han ansatt som førsteassistent ved den tekniske høyskolen der han ble veileder for studentene i de praktiske fysikkøvelsene.

Sommeren 1917 ble det gjort klart til bryllup, og brudeparet Magnhild Andresen og Jørg Tofte Jebsen ble gift 15. august 1917 i Uranienborg kirke i Kristiania. I november samme år måtte Jebsen si fra seg stillingen i Trondheim på grunn av sviktende

helse. Et halsonde gjorde at han ble hes og mistet stemmen. Han reiste da hjem til Berger der han arbeidet mer eller mindre alene på en avhandling om elektrodynamikk. Han håpet arbeidet skulle munne ut i en avhandling for den filosofiske doktorgrad, og den 13. juni 1918 ble andragende om å få vurdert avhandlingen *Versuch einer elektrodynamischen Systematik,* oversendt Universitetet. Bedømmelseskomiteen som ble nedsatt bestod av professorene Schiøtz, Vegard og Sæland.

Det var sikkert en stor glede å bli ferdig med avhandlingen, men det var ikke den eneste gleden han hadde i disse hektiske junidagene. Den 16. juni fikk ekteparet Jebsen sitt første barn, Jens Peter. Men gleden gikk hånd i hånd med bekymringer over helsen. Høsten 1918 reiste Jebsen til Mesnalien sanatorium ved Lillehammer for å få behandling for sykdommen han i lengre tid hadde vært plaget av. Dette stedet var kjent som et førsteklasses kursted med godt klima for brystsvake og hadde eksistert som tuberkulosesanatorium siden 1900. I tillegg til å nyte godt av klimaet der, fikk Jebsen lysbehandling, en behandlingsform som bestod i at man utsatte huden for sterkt lys fra karbonbuelamper.

Kritikk og hjelp fra Uppsala

For å få hjelp til å bedømme Jebsens avhand ling, hadde Sæland sendt avhandlingen til professor Carl Wilhelm Oseen i Uppsala. Den svenske professoren svarte den 22. november og hadde en del kritiske merknader til Jebsens arbeid. Jebsen fikk vite om dette og skrev et brev til Oseen der han forsvarte seg så godt han kunne, og tilføyde dessuten at han hadde vært henvist til å arbeide mye alene, "dels paa grund av at min helbred hindret mig i at opholde mig ved noget universitet i de aar da jeg hovedsaglig har arbeidet med den teoretiske fysik – dels paa grund av den omstændighet at der overhodet ikke har været nogen lærerstol i teoretisk fysik her i landet i de siste aar."[3]

Dette hadde nok Oseen allerede registrert, og i et brev til Sæland bemerket han at Jebsen ville ha godt av veiledning fra en fagmann. Men svensken må ha sett at nordmannen hadde talent for som vi skal se, startet han å brevveksle med Jebsen.

Etter å ha tilbrakt julen 1918 hjemme på Berger, reiste Jebsen igjen tilbake til Mesnalien i januar 1919, men stoppet i Kristiania for å snakke med Lars Vegard. Også Vegard uttrykte skepsis til Jebsens avhandling, og resultatet ble at Jebsen valgte å trekke avhandlingen sin tilbake og sendte den i stedet inn som selvvalgt emne til hovedfag i fysikk. Slik ønsket han raskest mulig å få tatt embetseksamen og få avsluttet studiene i Kristiania. Dermed ville han være fri til å starte å studere under Oseen, noe han hadde diskutert per brev med den svenske professoren:

"Jeg vil i forbindelse hermed tillate mig at spørge Dem om De hadde noget imot at jeg kom til Uppsala til høsten og søkte Deres direkte raad ved utarbeidelsen av et eller andet problem. Prof. Sæland lovet mig at tale med Dem herom, da han for kort tid siden var i Uppsala, men da jeg ikke siden har hørt fra ham, vet jeg ikke om han har talt om det ... og jeg er ogsaa blevet sterkt raadet hertil saavel av prof. Bjerknes som av prof.ne Schiötz og Vegard i Kristiania."

I juni 1919 fikk Jebsen godkjent avhandlingen som 2. avdeling til embetseksamen, med karakteren 2,30. Dermed var han blitt cand.real. med hovedkarakter 2,54 (Godt). Nå som han skulle reise til Uppsala, ville han søke Universitetet om stipend. Han søkte om å få et av de populære utenlandsstipendiene og anga at han skulle studere teoretisk fysikk i Uppsala. Beløpet han søkte om, var 2000 kroner. Det var imidlertid mange søkere, og kun to fikk støtte – Jebsen var ikke blant dem. Når Jebsen allikevel skulle komme til å reise til Uppsala høsten 1919, og oppholde seg der ett år, får vi tro at det var støtte fra hans far som gjorde dette mulig.

Figur 3. Familien Jebsen fotografert sommeren 1919, kort før Jørg T. Jebsen dro til Uppsala for å studere under C.W. Oseen.

Studerte relativitetsteori i Uppsala

Høsten 1919 ankom Jebsen Uppsala. Det kommende undervisningsåret holdt Oseen for første

gang en forelesningsrekke over Einsteins generelle relativitetsteori. Jebsen fulgte selvsagt disse forelesningene. I juleferien reiste han hjem til Berger for å feire høytiden sammen med familie og slekt. Han var full av entusiasme og ideer, og både lille julaften og nyttårsaften skrev han brev til Oseen. Temaet var blant annet Einsteins energi-impulstensor, et tema som hadde vært drøftet i den siste forelesningen før jul. I disse brevene fremgår det at Jebsen på denne tiden hadde stor innsikt i differensialgeometrien i Einsteins teori, og ut fra brevene er det nærliggende å trekke slutningen at han nå hadde større innsikt i denne delen av teorien enn Oseen hadde.

Etter ferien tok Jebsen med seg hustru og sønnen Jens Peter til Uppsala. Utover våren begynte han å arbeide med et nytt problem: å finne løsningen på Einsteins gravitasjonslikning i det kulesymmetriske tilfellet. Dette problemet var som vi har nevnt, behandlet av Karl Schwarzschild i det statiske tilfellet.[4] Det Jebsen nå gikk løs på var å finne hvordan løsningen ville bli i det mer generelle tilfellet.

Etter som oppholdet i Uppsala gikk mot slutten, begynte Jebsen å se seg om etter arbeid. Han ønsket en stilling hvor han kunne arbeide videre med teoretisk fysikk, og mente at en stilling som var utlyst ved Geofysisk Institut i Bergen, kunne være en mulighet. Stillingen var imidlertid tiltenkt en annen, svensken Carl Gustaf Rossby som var assistent under Vilhelm Bjerknes. Denne stillingen var rettet mot praktisk storm- og værvarsling, og Bjerknes mente at en ren teoretiker som Jebsen ikke var den rette personen. Men Bjerknes skrev til Jebsen: "Hvis De skulde ønske naar deres studier i Upsala er avsluttet at forsøke paa arbeide av denne art, saa er De naarsomhelst velkommen her ved Institutet. Mere teoretisk arbeide i samme retning blir det nok ogsaa anledning til senere, – men foreløbig er jeg nødt til først at tænke paa de praktiske opgaver vi har paatat os."[5]

Jebsen arbeidet imidlertid ufortrødent videre med relativitetsteorien og da våren kom, hadde han klar artikkelen *Über die allgemeinen kugelsymmetrischen Lösungen der Einsteinschen Gravitationsgleichungen im Vakuum.*[6] Jebsen sendte denne artikkelen til Kungliga Vetenskapsakademien i håp om å få den publisert i deres skriftserie *Arkiv för matematik, astronomi och fysik.* Etter dette reiste han hjem til Norge med sin lille familie, la for en tid fysikken på hyllen og brukte våren til å lese romaner og pusle i hagen. I et brev til Oseen skriver han profetisk at ved hagearbeid "saa har man den tilfredstillelse at se frukterne vokse frem av sig selv, og det samme kan man jo ikke si om matematiske avhandlinger."

Jebsens artikkel

Hva var det så Jebsen hadde slitt med våren 1920? La oss først vende tilbake til Einsteins relativitetsteori og se litt på den såkalte metrikken og rommets geometri. Vi starter med en plan flate hvor Euklids geometri gjelder og hvor kartesiske koordinater (x, y) kan legges inn. To punkt med koordinatdifferenser dx og dy vil da være adskilt med en avstand eller et linjeelement ds, gitt ved Pythagoras' setning som $ds^2 = dx^2 + dy^2$.

Dette kan også gjøres på en kuleflate med radius r. Men denne flaten er krum, og man bør benytte kulekoordinater (θ, ϕ) som tilsvarer lengde- og breddegrader på jordkloden. Avstanden mellom to nærliggende punkt med koordinatdifferensene $d\theta$ og $d\phi$, vil da kunne skrives som $ds^2 = r^2 d\theta^2 + r^2 sin^2\theta d\phi^2$. Mer generelt antar linjeelementet på en krum flate alltid formen $ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$, hvor det er underforstått at en skal summere over indeksene som tilsvarer de to koordinatene på flaten. Derfor er de metriske koeffisientene på kuleflaten $g_{\theta\theta} = r^2$ og $g_{\phi\phi} = r^2 sin^2\theta$. Som vi tidligere nevnte, er det krumningen av rommet som gir den effekten vi oppfatter som en gravitasjonkraft. Denne kan beregnes og uttrykkes ved Riccis krumningstensor $R_{\mu\nu}$ som er gitt ved deriverte av metrikken $g_{\mu\nu}$.

Der er altså slik vi forstår tyngdekraften i Einsteins relativistiske teori. Materien vil krumme det 4- dimensjonale tidrommet. På samme måte som i Newtons teori hvor gravitasjonspotensialet bestemmes ut fra de massene som forefinnes, vil de relativistiske potensialene $g_{\mu\nu}$ i Einsteins teori følge fra energi-impulstensoren $T_{\mu\nu}$ for materien som er til stede. Ved hjelp av Riccis krumningstensor fant Einstein i november 1915 ligningen som gjør det mulig å beregne metrikken fra en gitt massefordeling. Den hadde den elegante formen $E_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$ hvor G er Newtons gravitasjonskonstant og $E_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R$ er Einsteins krumningstensor med $R = g^{\mu\nu} R_{\mu\nu}$.

I områder av tidrommet hvor det ikke finnes noe masse, er energi-impulstensoren null, og Einsteins gravitasjonsligning forenkles til $R_{\mu\nu} = 0$. Denne var som tidligere nevnt, løst allerede i 1915 av Karl Schwarzschild som beregnet linjeelementet utenfor en kulesymmetrisk masse M som ikke forandrer seg

med tiden. Dette tilsvarer beregningen av Newtons gravitasjonspotensial $\Phi(r) = -\frac{GM}{r}$. Ved bruk av sfæriske koordinater (r, θ, ϕ) og tidskoordinaten t, kan Schwarzschilds løsning skrives som

$$ds^2 = -(1-\frac{2GM}{r})dt^2+\frac{dr^2}{1-\frac{2GM}{r}}+r^2(d\theta^2+sin^2\theta d\phi^2)$$

Det var dette resultatet som lå til grunn for Einsteins forutsigelse om avbøyning av lys i solens gravitasjonsfelt samt forklaringen av den anomale periheldreiningen til planeten Merkur. Noen tiår senere ble det klart at denne løsningen også forutsa eksistensen av sorte hull.

Jebsen ga seg nå oppgaven å finne ut hvordan denne løsningen vil forandres hvis massen M ikke var statisk, som for eksempel ved en pulserende stjerne. Det er da naturlig å forvente at de relativistiske gravitasjonspotensialene $g_{\mu\nu}$ vil variere med tiden. Det eneste han forlangte var at systemet måtte ha rotasjonssymmetri. Den mest generelle løsning må da ha formen

$$ds^2 = -Adt^2 + Bdtdr + Cdr^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\phi^2)$$

hvor de tre ukjente funksjonene A, B og C avhenger kun av radius r og tiden t. Med sin dype forståelse av Einsteins teori klarte Jebsen å løse dette på en imponerende måte. Siden fysikken skal være uavhengig av hvilke koordinater man bruker, viste han først at ved å innføre en ny tidskoordinat, måtte en ha funksjonen $B = 0$. De to gjenværende funksjonene A og B må så bestemmes ved bruk av Einsteins vakuumligning. Ved å innføre enda en ny tidskoordinat, kom Jebsen frem til det overraskende resultat at disse to funksjonene måtte være nøyaktig de samme som i Schwarzschilds løsning. Med andre ord: *De relativistiske gravitasjonspotensialene $g_{\mu\nu}$ utenfor en kulesymmetrisk massefordeling kan med et passende valg av koordinater, alltid anses å være konstante i tiden og gitt ved den statiske Schwarzschild-løsningen.*

Dette resulatatet er helt til ganske nylig blitt kalt Birkhoffs teorem, etter den amerikanske matematikeren G.D. Birkhoff som i 1923 presenterte det i sin lærebok i moderne fysikk.[7] Han utledet det imidlertid på en annen måte. De fleste lærebøker benytter den samme metoden som Jebsen brukte når de utleder dette resultatet. Resultatet ble også uavhengig av begge disse funnet av W. Alexandrow i samme år som Birkhoff.[8] Etter at man nylig oppdaget Jebsens bidrag, kalles det nå noen ganger for Jebsen–Birkhoff-teoremet.[9] Men det ville kanskje være mer riktig å kalle det Jebsen–Alexandrow– Birkhoff-teoremet, eller – fra et norsk synspunkt – ganske enkelt Jebsens teorem.

Hvordan få publisert resultatet?

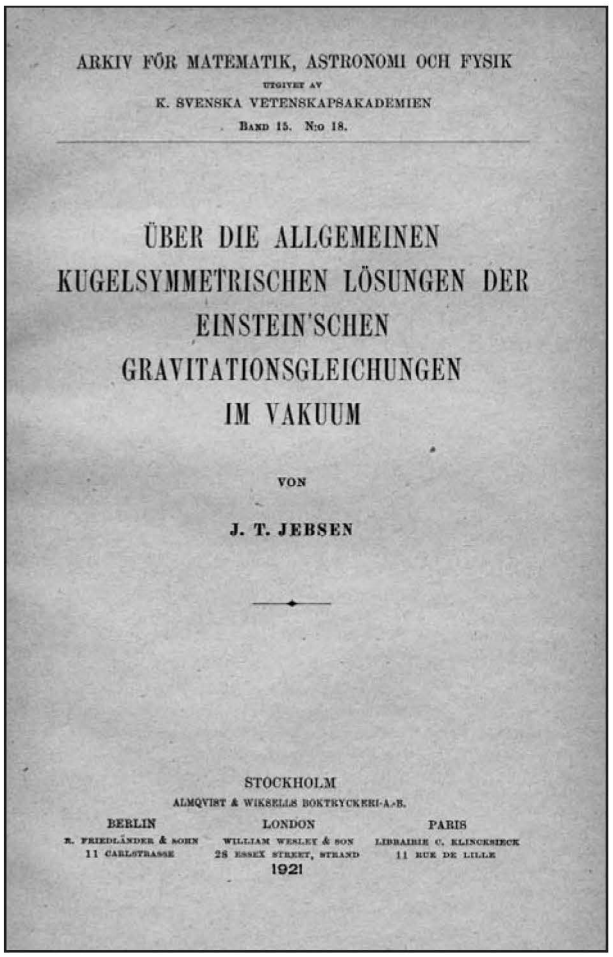
I Sverige gikk det imidlertid ikke så godt med avhandlingen til Jebsen. Vetenskapsakademien følte ikke ansvar for en artikkel skrevet av en utlending, spesielt ikke siden den økonomiske situasjonen gjorde det vanskelig å få trykket til og med avhandlinger av svenske forfattere. Den 28. mai sendte de derfor avhandlingen tilbake.

Men det var også ting å glede seg over. Jebsen fikk i midten av juni 1920 oppleve å se Einstein komme til Kristiania for å holde forelesninger over relativitetsteorien. Han skrev til Oseen og fortalte at han selvsagt ville inn til hovedstaden for å høre på. Einsteins besøk var kommet i stand ved en invitasjon fra Det norske Studentersamfund. Han ankom Kristiania 13. juni og holdt tre populærforelesninger i Universitetets Aula. Den første ble holdt 15. juni med tittelen "Det nye verdensbillede", den andre 17. juni med tittelen "Tid og rum" og den tredje 18. juni med tittelen "Træk av relativitetsteorien".[10] Forelesningene fikk selvsagt stor oppmerksomhet, men brakte neppe noe nytt for Jebsen. Vi vet heller ikke om han fikk anledning til personlig å møte Einstein.

Utover sommeren var Jebsen opptatt av hvordan han skulle få publisert artikkelen sin. En mulighet han vurderte var å sende den til *Annalen der Physik* eller *Physikalische Zeitschrift.* I tillegg ivret han for å fremskaffe midler til et fond som kunne støtte trykking av vitenskapelige artikler innen de matematiske fag. Denne tanken ble tatt opp av Poul Heegaard, redaktør av Norsk Matematisk Tidsskrift, som oppfordret bemidlede til å bidra til et slikt fond. En av dem som meldte seg var fabrikkeier John J. Jebsen fra Berger, vi får tro etter oppfordring fra sin sønn. Til sammen fikk man inn 5750 kroner, og allerede i 1921 kom de første avhandlingene i *Norsk Matematisk Forenings skrifter.* Her fikk den nye garde av matematikere, som Thoralf Skolem, Trygve Nagel og Øystein Ore, trykt enkelte av sine arbeider, og den unge Ragnar Frisch gjorde i 1923 sin debut nettopp i denne skriftserien. Jebsens artikkel ble imidlertid ikke trykket i disse skriftene. Oseen hadde arbeidet i kulissene for å få artik kelen utgitt i *Arkiv för matematik, astronomi och fysikk*, og den 13. oktober 1920 overleverte matematikerne Helge von Koch og Ivar Fred-

holm den til Vetenskapsakademien. Den ble nå antatt og kom på trykk i februar 1921.

I tillegg til dette hadde Jebsen også skrevet en artikkel som han meddelte Norsk Matematisk Forening. Det var blant annet en generell fremstilling av matematikken som inngikk i relativitetsteorien. Denne artikkelen fikk tittelen *Den ikke-euklidske geometri og Einsteins gravitationsteori,* og ble trykket i foreningens tidsskrift på nyåret 1921.[11] Dette er den første norske avhandlingen som gir en matematisk behandling av Einsteins generelle relativitetsteori.


ARKIV FÖR MATEMATIK, ASTRONOMI OCH FYSIK
UTGIVET AV
K. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIEN
BAND 15. N:O 18.

ÜBER DIE ALLGEMEINEN KUGELSYMMETRISCHEN LÖSUNGEN DER EINSTEIN'SCHEN GRAVITATIONSGLEICHUNGEN IM VAKUUM

VON

J. T. JEBSEN

STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.
BERLIN LONDON PARIS
1921

Figur 4. Forsiden av Jebsens artikkel, innlevert 13. oktober 1920 og trykket 3. februar 1921 som artikkel nr. 18 i bind 15 av *Arkiv för matematik, astronomi och fysik.*

Jebsen slet imidlertid fortsatt med helsen. Han hadde fått påbud av legen om kun å arbeide 3–4 timer om dagen. Høsten 1920 valgte han og familien å reise til Bolzano nord i Italia for å komme til et bedre klima. Han fortsatte imidlertid å brevveksle med Oseen. Og i et av brevene har øyensynlig Oseen utrykt skepsis overfor enkelte sider av relativitetsteorien for Jebsen svarer: "Du skriver om relativitetsteorien at du er meget kritisk 'mot de nu existerende formerne'. Har jeg ret naar jeg opfatter dette saa at du fremdeles har god tro paa teorien i sig selv? For mig synes Einsteins tanke mer storslagen end nogensinde, jo mer jeg faar den paa avstand."

Oseens reservasjon stemmer godt med uttalelser han kom med i et brev til Vilhelm Bjerknes den 14. desember 1920: "Dock skulle jag icke önska at Einstein erhöler Nobelpriset för sin relativitetsteori ...Den allmänna relativitetsteorien kan i sin grundtanke vara riktig, men det riktiga uttrycket för denna grundtanke är ännu icke funnet. Och vad värre är: det lönar sig icke at nu eftersöka det ty vi äga icke de experimentella data, som behövdes för at tillämpa en sådan teori på verkeligheten."[12]

Som vi vet, ble Oseen medlem av Nobelkomiteen for fysikk i 1922 og arbeidet for at Einstein skulle få nobelprisen for sitt arbeid om fotoelektrisk effekt fra 1905. Dette blir ofte fremstilt som et taktisk grep. Oseen kjente maktbalansen i Nobelkomiteen og innså at det ikke ville være mulig å få komiteen med på å gi Einstein nobelprisen for relativitetsteorien. Men som vi ser av brevet til Bjerknes, Oseen var selv ikke overbevist om at Einstein burde få prisen for relativitetsteorien.

Man kan undre seg over at Jebsens artikkel ikke ble mer lagt merke til. En nærliggende tanke er at artikkelen ble oversett fordi den kom på trykk i en skriftserie som ikke var blant de fremste innen teoretisk fysikk. Dette synspunktet må imidlertid modifiseres noe siden Jebsens artikkel var referert i verket *Science abstracts* for 1921. Her gav H.H. Hodgson en kort oppsummering på engelsk av artikkelens innhold under overskriften *The General Spherically Solution of the Einstein Gravitational Equation in Vacuo.*[13] Det som imidlertid kunne ha hjulpet, var om Oseen hadde brukt sitt kontaktnett til å gjøre oppmerksom på Jebsens artikkel. Oseen hadde forstått innholdet i artikkelen, så det kan synes noe underlig at han ikke arbeidet mer for å gjøre den kjent. Kanskje årsaken er å finne i at han på denne tiden ikke hadde så stor tro på den formen relativitetsteorien hadde og derfor heller ikke ville bruke tid på å promotere et arbeid om den? Noe entydig svar får vi vel aldri, men sikkert er at det var synd for Jebsen at han ikke forfulgte sin tanke om å publisere i et av de større velrenommerte tidsskriftene for fysikk. Hadde artikkelen stått på trykk i et av dem, ville Jebsens arbeid høyst sannsynlig blitt lagt mer merke til.

Jebsen dør i Italia

Under sitt opphold i Italia arbeidet Jebsen på en populærvitenskapelig bok om Galileo Galileis kamp mot kirken. Den kom ut rett før jul 1921, og hadde tittelen *Kjetteren Galilei og hans kamp mot Rom.*[14] Med dette hadde han fått publisert tre verk det året, og slik sett var alt godt. Verre var det med helsen. I julebrevet Jebsen sendte Oseen 19. desember 1921, avsluttet han med ordene: "Vi holder til her nede i Tyrol fremdeles, men tænker at reise hjem til vaaren. Med helbreden gaar det langsomt, saa jeg deler min tid mellem sengen og liggestolen, men jeg haaber at de kræfter jeg nu opmagasinerer maa komme mig tilgode senere. Min hustru og jeg sender din hustru og dig selv de beste juleønsker og hilsener. – Din ven, J.T. Jebsen"

Sykdommen hadde imidlertid overtaket, og den 7. januar 1922 døde Jebsen. Nyheten om hans tidlige død ble meldt i avisene i Kristiania og Bergen. Kisten ble sendt til Norge, og 2. februar 1922 ble Jørg Tofte Jebsen gravlagt fra Berger kirke:

"Et kor av arbeidere ved Berger sang et par stemningsfulde numre. Under orglets toner blev den rikt blomstersmykkede kiste baaret ut av kirken til familiegravstedet paa kirkegaarden, hvor jordfæstelsen forrettedes. Og den store sørgeskare spredtes stille, mens solen skinnet over graven, med bud om vaar og sommer efter vinterens kulde, med bud om liv og om seier over død og grav."[15]

* * *

Vi vil gjerne takke professor Stanley Deser for å ha utfordret oss til å finne ut hvem forfatteren J.T. Jebsen var og hvilken bakgrunn han hadde. Deser planlegger nå en engelsk oversettelse av Jebsens artikkel som vil bli publisert i det anerkjente tidsskriftet *Journal of General Relativity and Gravitation.* Vi ønsker også å takke Karl Grandin, Centrum för vetenskapshistoria ved Kungl. Vetenskapsakademien, for å ha hjulpet oss med å finne frem til Jebsens brev til Oseen. Vi takker Torger Holtsmark for å ha gjort oss oppmerksom på møteprotokollen til Fysisk Selskab. Til slutt vil vi rette en stor takk til Peter Jebsen og Jørg Jebsen som velvillig har lånt oss bilder av Jørg Tofte Jebsen.

Litteratur

1. Opplysningene om Jørg Tofte Jebsens studietid frem til 1918, er i all hovedsak hentet fra brevet han vedla da han i 1918 sendte sin avhanling i fysikk til Universitetet. Dette og andre tilhørende dokumenter finnes i sakspapirene til fakultetstyret ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultetet ved Universitetet i Oslo.
2. Opplysningene om Fysisk Selskab er hentet fra møteprotokollen til selskapet.
3. Brevene fra Jørg Tofte Jebsen til Carl W. Oseen finnes i arkivene til Kungl. Vetenskapsakademien i Stockholm. Vi har dessverre ikke funnet brevene fra Oseen til Jebsen.
4. Karl Schwarzschild: *Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie.* Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte, Berlin 1916, s. 184–188.
5. Brev fra Vilhelm Bjerknes til Jørg T. Jebsen datert 13. mars 1920. Nasjonalbiblioteket, Oslo, Håndskriftsamlingen, Brevsamling 469B.
6. Jørg Tofte Jebsen: *Über die allgemeinen kugelsymmetrischen Lösungen der Einsteinschen Gravitationsgleichungen im Vakuum.* Arkiv för matematik, astronomi och fysik, **Bd. 15** No. 18, Stockholm (1921)
7. G.D. Birkhoff: *Relativity and Modern Physics, s 253–256.* Harvard University Press (1923)
8. W. Alexandrow: *Über den kugelsymmetrischen Vakuumvorgang in der Einsteinschen Gravitationstheorie.* Annalen der Physik, **72**, 141 (1923)
9. S. Deser and J. Franklin: *http://xxx.lanl.gov/gr-qc/0408067*
10. Nils Voje Johansen: *Albert Einsteins besøk i Norge.* Vil bli publisert i et senere nummer av Fra Fysikkens Verden.
11. Jørg T. Jebsen: *Den ikke-euklidske geometri og Einsteins gravitationsteori.* Norsk Matematisk tidsskrift, nr. 1, Kristiania (1921)
12. Brev fra Carl W. Oseen til Vilhelm Bjerknes, datert 14. desember 1920, Nasjonalbiblioteket, Oslo, Håndskriftsamlingen, Brevsamling 469B.
13. H.H. Hodgson: *The General Spherically Solution of the Einstein Gravitational Equation in Vacuo.* Science Abstracts, Section A – Physics, London, **Vol. XXIV**, 542 (1921)
14. Jørg T. Jebsen: *Kjetteren Galilei og hans kamp mot Rom.* Aschehoug, Kristiania (1921)
15. *Begravelse på Berger,* Svelvikposten 4. februar 1922.

∞

Syklotronen i Oslo 25 år

Magne Guttormsen, Finn Ingebretsen, Sunniva Siem *

Syklotronen ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, har vært i drift i 25 år. Den 20. september ble jubileet feiret med et endagssymposium med etterfølgende middag for tidligere og nåværende studenter, gamle og nye støttespillere og offisielle representanter.

Innledning

Syklotronen ble høytidelig overlevert Universitetet i Oslo 13. november 1979 av daværende statsråd Einar Førde. Dermed var en lang og omfattende prosess avsluttet. Installasjon av den 55 tonn massive magneten i et vanskelig tilgjengelig lokale (figur 1) markerte slutten på en lang og omfattende forslagsog beslutningsprosess med mange opp- og nedturer. Kjernefysikerne i Oslo kunne endelig ta i bruk landets eneste akselerator for studier av atomkjerner.

Fig.1. Syklotronens hovedmagnet manøvreres inn til sitt permanente tilholdsted.

Syklotronen er den tredje akseleratoren ved Fysisk institutt i Oslo. Den første, en 0,5 MeV Van de Graaff-akselerator, ble flyttet fra Trondheim til Oslo tidlig på 1940-tallet. Professor Roald Tangen samlet etter hvert en ung og entusiastisk forskningsgruppe som den gang lå langt framme i den tekniske utviklingen. Kort etter ble en 4 MeV Van de Graaff akselerator bygget som ga partikkelstråle allerede i 1954. I noen hektiske år var Oslo-gruppa i verdenstoppen med sine presisjonsmålinger av resonansinnfangning av protoner i lette kjerner. Allerede fra midten av 60-årene la gruppa ram enda et forslag om et stort og nytt laboratorium rundt en tandem Van de raaff. Dette forslaget kom så langt som til regjeringens nyoppnevnte ovedkomité for forskning, hvor det etter en spennende prosess ble nedstemt. Forslaget var for ambisiøst hva kostnader angikk.

Fra forslag til realisering

Etter noen år dukket ideen om et mindre omfattende prosjekt opp. Flere leverandører kunne nå tilby kompakte syklotroner med variabel energi innenfor et område som gjorde dem meget velegnet for flere formål, også til kjernestrukturstudier. Men på tross av at prosjektets økonomiske ramme denne gangen var en størrelsesorden mindre, viste det seg at det allikevel tøyde grenser for hva som var vanlig i norsk fysikk. Forarbeidet, ledet av Trygve Holtebekk, var langt og grundig. Det var et sterkt krav fra omgivelsene at syklotronen også skulle være "nyttig". Går vi tilbake og ser på forslagene til de tidligere akseleratorene, var dette noe som faktisk var dominerende. Argumenter som vitenskapelig erkjennelse var ikke tilstrekkelige ovenfor bevilgende myndigheter. Også i universitetsorganer ble det krevd dokumentasjon av viktige anvendelser og tverrfaglig relevans.

Holtebekk nedla et imponerende grundig arbeid for å skaffe til veie denne dokumentasjonen. Nå kan en kanskje si at det var enklere denne gangen; markedet for de kompakte syklotronene var størst innen ukleærmedisinske anvendelser, som var et fagområde i sterk utvikling. Ved å bruke kjernereaksjoner indusert av ladde partikler kunne man nå

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

produsere en rekke interessante protonrike isotoper som var velegnet for så vel forskning, som terapi og diagnostikk.

En annen og mindre saklig innvending mot syklotronen var det faktum at den skulle brukes til studier av kjernefysikk. I den tid da krangelen om norsk kjernekraft var på sitt høyeste, falt ord som inneholdt "atom" eller "kjerne" mange tungt for brystet, også innad på Universitetet. Daværende rektor, Otto Bastiansen, taklet den interne opposisjonen på en meget klok og elegant måte. Men bruduljene om "atomknuseren" på Blindern spredte seg også til Stortinget. I et notat til Stortingets universitets- og høgskolekomité ble det bl.a. hevdet at "Akseleratorene sørger for at de atomer eller lignende som man sender inn får stor fart. Dess større fart en kan få på de innkomne atomer, jo mer interessant er resultatet en får ut." Videre ble det hevdet: "Vi har tidligere understreket betydningen av motekspertise ved Universitetet, vis à vis andre forskningsinstitusjoner. I dag er dette særlig relevant i debatten om kjernekraftutbygging i Norge. Universitetet trenger en solid motekspertise til Institutt for Atomenergi på Kjeller. I striden om atomvåpen på norsk jord ville motstanderne stått atskillig svakere uten en slik ekspertise." Eksperimentell kjernefysikk representerte altså ikke den ønskede motekspertise, og i sin ytterste konsekvens kunne syklotronen bane vei for atomvåpen på norsk jord!

Syklotronprosjektet var et økonomisk løft og var et av de første eksemplene på prioritert satsing. Dette var en barriere, men også en inspirasjon for flere gode støttespillere, også fra andre grener av fysikken. Dette vant gehør i departementet. I sin meget gode tale ved overrekkelsen sa statsråd Einar Førde blant annet:

"Innkjøpet av syklotronen har vore eit stort økonomisk løft, ikkje minst på bakgrunn av dei tronge økonomiske tidene vi er inne i. Finansieringa har nok difor vore ei vanskeleg sak å handtere. Departementet har ikkje kunne skaffe midler til desse store kjøpe- og byggekostnadene som tillegg til universitetet sitt budsjett. Det har såleis i stor mon blitt spørsmål om å finne pengar innan det som alt kjendes som tronge rammer, og saka har difor også vore ei prøve på kollegial lojalitet. Syklotronen er vitnemål om at dei som har drege lasset ved universitet sto prøva; rett nok med god hjelp frå Noregs almenvitenskapelige forskningsråd. Saka har styrkt den tillit vi i departementet har til at universitetet og forskningsrådet greier å ta hand om vanskelege prioriterings- og forskningspolitiske spørsmål ... Vi vil i framtida legge særleg stor vekt på saker som forskningsmiljøa gjennom samarbeid og prioritering legg til rette for løysing, slik som det har vore gjort med syklotronen."

Dette var en måte å tenke finansiering på som flere av syklotronens støttespillere hadde forutsett. Etter mye diskusjon og flere forslag ble syklotronen og tilstøtende laboratorium besluttet plassert i en stor garasje mellom fysikkog kjemibygningene på Blindern. Det ble trangt om plassen, men ved forente krefter og kreativitet ble den utnyttet maksimalt. Og da den store transporten ankom ble den møtt av mange av sine støttespillere som også fant tid til en passiar, se figur 2.

Fig.2. Fire sentrale personer i passiar ved syklotronens ankomst til Blindern: (f.v.) professor Alexis Pappas, professor Trygve Holtebekk, professor Roald Tangen og rektor Otto Bastiansen.

Oppbyggingsfasen

Allerede fra første stund var datainnsamlingen basert på bruk av datamaskiner, en teknikk som begynte å bli vanlig i kjernefysikklaboratorier og der Oslo-gruppa allerede hadde god erfaring. Norsk Data og Sintran satte sitt preg på maskinvare og operativsystem, som etter hvert ble byttet ut med Unix-baserte arbeidsstasjoner. På instrumenteringssiden har syklotronlaboratoriet hele tiden greidd å følge med den til dels rivende utviklingen som har skjedd, og har samtidig opp-

rettholdt en lokal ekspertise på dette feltet. Ved siden av hovedfagsoppgaver i kjernefysikk, har derfor gruppa også kunnet tilby hovedfagsoppgaver i instrumentering og i programmering.

Det viste seg for øvrig at interessen for syklotronproduserte radioisotoper var omtrent fraværende i medisinske kretser. Det var kun én medisiner, overlege Karl Nakken ved Ullevål sykehus, som både var interessert og fikk til et samarbeid. I tre år fra 1981 ble det en gang i uka produsert radioaktivt ^{85}Kr til undersøkelse av pasienters respirasjonsorganer. Metoden er effektiv og gir generelt bedre resultater og mindre strålebelastning for pasienten enn tilsvarende undersøkelser med røntgen. Finansieringen av prosjektet var imidlertid vanskelig og stoppet til slutt opp. Entusiasmen for denne type prosjekter var faktisk den gang vesentlig større i Det matematisk-naturvitenskapelige fakultetsråd enn blant medisinere. Interessen for nukleærmedisinske prosjekter har imidlertid økt betraktelig de senere årene. Det produseres nå rutinemessig ^{18}F for PET-diagnostikk ved Det Norske Radiumhospital. PET, positron emisjonstomografi, er en meget presis in vivo avbildingsteknikk, der to γ-stråler med samme energi sendes ut samtidig i motstatt retning når β^+ fra ^{18}F umiddelbart treffer et elektron.

De første årene var i stor grad en oppbyggingsfase. Det tok noen år før detektorer, datasystem, programmer og all tilhørende utrustning var på plass og fungerte som det skulle. Syklotronen kunne gi opp til 35 MeV protoner, og kunne foruten protoner akselerere deuterium, ^{3}He og ^{4}He. Gruppa oppdaget snart at ^{3}He-induserte kjernereaksjoner åpnet for et helt nytt forskningsfelt. Et gjenvinningsanlegg for ^{3}He ble bygget av ingeniørene Eivind Atle Olsen og Jon Wikne, og kom i drift i 1981. I tillegg fikk gruppa en bevilgning fra Forskningsrådet og bygget i 1991 CACTUS, et høyeffektivt gammaspektrometer bestående av 28 scintillasjonstellere og åtte partikkelteleskop (se forsidebildet). Med CACTUS kan man måle hvilke gammastråler som utsendes samtidig med bestemte ladde partikler fra de mulige kjernereaksjonene i et eksperiment.

Den vitenskapelige produksjonen, alt vesentlig konsentrert om studiet av nivåtetthet, økte stadig. Etter hvert fikk gruppa flere utenlandske samarbeidspartnere på prosjektet, og publikasjonsfrekvensen økte. Dette er illustrert i figur 3, som viser at i de siste fire årene produserte gruppa gjennomsnittlig 8 publikasjoner pr. år. I alt er det publisert ca. 100 arbeider fra syklotronprosjektene.

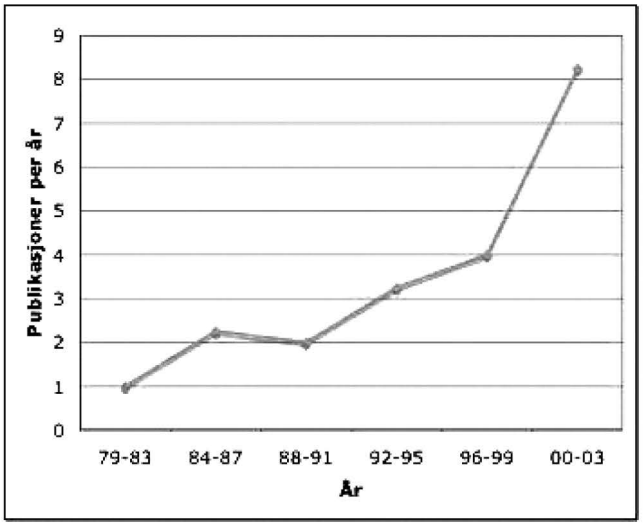


Fig.3. Antall publikasjoner pr. år i kjernefysikk ved syklotronlaboratoriet (ikke inkludert kjernekjemi).

Den faglige virksomheten ved syklotronlaboratoriet vil bli beskrevet i neste nummer av Fra Fysikkens Verden.

I løpet av disse 25 årene har 60 studenter tatt hovedfag og 15 kandidater har tatt doktorgrad på arbeider gjort ved syklotronlaboratoriet. Den internasjonale interessen for syklotronen har økt betraktelig. I en nylig spørreundersøkelse var 27 internasjonale grupper interessert i å gjøre eksperimenter ved syklotronen i Oslo. Aktive samarbeidspartnere i prosjektene omfatter nå med til dels tett samarbeid: Åbo Akademi i Finland, Lawrence Livermore National Laboratory, Michigen State University og Ohio State University i USA, og Dubna i Russland.

∞

Om klokskap

Vit han treng
som vidt skal fara;
d'er mangt heime høveleg.
Til bisn han vert
som veit for lite,
når han sit med kloke folk saman.

Av sin eigen klokskap
skal ingen kyte,
men halde tanken i taum.
Når du gløgg og tagal
i gardane sviv,
du kjem ikkje brått i beit.

Håvamål

∞

Nobelprisen i fysikk 2004: Asymptotisk frihet

Bjørn H. Samset *

Nobelprisen i fysikk 2004 ble delt likt mellom de tre amerikanske fysikerene David J. Gross, H. David Politzer og Frank Wilczek, for deres oppdagelse av asymptotisk frihet i den sterke kjernekraften. Arbeidet ble først publisert i 1973 og var avgjørende for utviklingen av kvantekromodynamikk (QCD), som er den matematiske teorien for sterke kjernevekselvirkninger. Dette åpnet i sin tur døren for utviklingen av Standardmodellen for partikkelfysikk.

Asymptotisk frihet i en fysisk vekselvirkning betyr at når to ladningsbærere kommer veldig nær hverandre blir ikke kraften mellom dem sterkere slik en er vant til fra elektromagnetisme. Den blir i steden svakere, omtrent som om ladningene var holdt sammen av en strikk. Strekker du strikken ut blir den stram og holder ladningene igjen, men slakker du strikken blir den slapp og påvirker ikke det den holder i. I dette tilfellet er ladningsbærerene kvarker og gluoner, bestanddelene i protoner og nøytroner, som igjen bygger opp atomkjernen. Kraften er den sterke kjernekraften, og den teoretiske oppdagelsen av asymptotisk frihet i denne vekselvirkningen var det som skulle til for å begynne å forstå denne sterkeste, men minst kjente av naturkreftene.

Årets vinnere

David J. Gross, født 19. februar 1941 i Washington DC, er for tiden direktør for, og professor ved, Kavli Institute for Theoretical Physics i Santa Barbara, California. Foruten det arbeidet han nå har fått nobelprisen for, har han blant annet gitt store bidrag innen strengteori. I 1973 jobbet han ved Princeton University, der han veiledet medprisvinner Frank Wilczek under hans doktorgradsarbeid. Wilczek, født 15. mai 1951, er for tiden professor i fysikk ved Massachusetts Institute of Technology (MIT). Han har også utviklet teorien for partikler kalt aksioner, og har arbeidet innen både faste stoffers fysikk, astrofysikk, partikkelfysikk og feltteori generelt. H. David Politzer, født 31. august 1949 i New York, utviklet teorien for asymptotisk frihet i sterke vekselvirkninger uavhengig av de to andre prisvinnerne, og dette arbeidet var hans første publiserte artikkel. Han er for tiden professor i teoretisk fysikk ved California Institute of Technology (CalTech).

Figur 1. Årets nobelprisvinnere (f.v.): David J. Gross, H. David Politzer og Frank Wilczek.

Historisk bakgrunn

I dag er nesten all teoretisk fysikk innen områdene partikkelfysikk og naturkrefter basert på kvantefeltteori. Standardmodellen for partikkelfysikk, som beskriver alle elementærpartikler vi kjenner og hvordan de vekselvirker med hverandre, antar at det finnes et antall kraftfelt, eller kvantefelt, som eksisterer overalt i universet. En elementærpartikkel er en eksitasjon av et av disse feltene, og så lenge vi vet hvordan kvantefeltet oppfører seg, forteller feltteori

*Fysisk institutt, Universitetet I Oslo

oss nøyaktig hvordan partikkelen kan bevege seg og hvor sterkt den vekselvirker med andre partikler. Standardmodellen har to deler, ett sett med felter som beskriver den elektromagnetiske kraften og den svake kjernekraften (sammen kalt elektrosvak teori), og en del som beskriver den sterke kjernekraften. Feltteoriene som ligger bak disse to beskrivelsene er henholdsvis kvanteelektrodynamikk (QED) og kvantekromodynamikk (QCD).

På 1950- og 60-tallet, da den eldste av årets prisvinnere tok sin utdanning, så verden ganske annerledes ut for teoretiske fysikere. QED, feltteori og vei-integralformalismen var utviklet på 1940-tallet av Feynman, Dyson, Schwinger og Tomanaga, og sammen beskrev disse teoriene og teknikkene elektromagnetiske vekselvirkninger overraskende godt. Men de hadde skjøvet et stort problem under teppet. Perturbasjonsteori, som er den matematiske teknikken feltteori baserte seg på, innebærer å beskrive en vekselvirkning som en rekkeutvikling, og for å få rett svar må man til slutt summere denne rekken, men denne summen ble nesten alltid divergent. Det fantes en løsning på problemet – man hadde funnet på et triks som kalles renormalisering, der alle uendelighetene pakkes inn i en ny definisjon av de målbare størrelsene i teorien, og dermed omgås hele problemet. Selv om dette så ut til å gi riktige svar, var selv de som laget teorien skeptiske til renormalisering og mente at feltteori nok ikke var egnet som fundamental teori for vekselvirkninger.

Inntrykket ble sterkere da man prøvde å lage en feltteori for den sterke kjernekraften. Allerede på 1940-tallet hadde Yukawa foreslått en teori for sterke vekselvirkninger der protoner og nøytroner var de fundamentale byggesteinene, og lette partikler kalt pioner, formidlet kraften mellom dem. Men når man prøvde å bruke feltteori på et slikt system, viste det seg at vekselvirkningen måtte være så sterk at perturbasjonsteori ikke virket, og man kunne ikke bruke teorien til å beregne noe som helst. I tillegg førte renormaliseringen nok et problem med seg. Styrken til vekselvirkningen ville vokse med økende energi, og til slutt bli uendelig. Man var klar over dette problemet for QED, men her kommer ikke uendeligheten, kjent som "Landau-polen", før ved ufysikalsk høye energier. Dette problemet eksisterer fortsatt for QED, og gjør at mange mener at denne teorien ikke er den endelige forståelsen av elektrodynamiske vekselvirkninger. For den sterke vekselvirkningen fikk man derimot en slik pol ved relativt lave energier, og dette var åpenbart ikke riktig. Det så ikke ut til å være mulig å konstruere en feltteori for den sterke kjernekraften, og forsøkene på å bruke feltteori i det hele tatt ble skjøvet bort til fordel for andre typer teorier. Dette var situasjonen på slutten av 60-tallet, da Gross, og etter hvert studentene Politzer og Wilczek, ble interesserte i å forstå den sterke kjernekraften.

Oppdagelsen av asymptotisk frihet

I 1968 observerte Bjorken at høyenergispredning av elektroner mot protoner så ut til å være overraskende uavhengig av annet enn energien som ble overført i spredningen, en egenskap som kalles skalering. Gross studerte dette, og fant at de samme eksperimentene også kunne tolkes som at protonet var satt sammen av mindre partikler. Slike ideer var foreslått før, og egenskapene Gross fant for disse partiklene minnet veldig om noen abstrakte hjelpestørrelser som Gell–Mann og Zweig hadde innført på 1950-tallet. Disse størrelsene het kvarker. Gell–Mann og Zweig hadde publisert en hypotese om at partikler som protonet kunne være satt sammen av tre mindre partikler som bar "fargeladning", den sterke vekselvirkningens analogi til elektrisk ladning, på en slik måte at hver partikkel ble "fargeløs". Dette ville ha forklart mye om hvilke partikler som finnes og ikke finnes i naturen; men siden ideen var basert på feltteori og perturbasjonsteori, ville ikke engang Gell– Mann selv tro på dem. Gross mente at det kunne være annerledes. Dersom kvarkene kunne være virkelige, så burde teorien som forutsa dem – nemlig feltteori – også være riktig. Kunne man ha gått glipp av noe? Gross viste også at ingen av de modellene som var foreslått som alternativer til feltteori, kunne forklare skalering, som nå var et eksperimentelt faktum. Han og Wilczek, og uavhengig av dem Politzer, satte seg som mål å finne ut hva som kunne være galt med måten feltteori hittil var brukt på.

Det de fant ut, og som ble starten på arbeidet de publiserte i 1973, var at alle feltteorier hittil hadde benyttet seg av såkalte abelske symmetrigrupper (oppkalt etter vår egen Niels Henrik Abel), der de matematiske operatorene som er ansvarlige for kraften, kalt generatorene, kommuterer med hverandre. På 50-tallet hadde Yang og Mills forsøkt seg med feltteori basert på ikke-abelske grupper, men siden feltteori var så dårlig ansett, hadde ingen tatt dette videre og sett hvilken fysikk man kunne få ut av denne antakelsen. Gross, Politzer og Wilczek ble de første som beregnet *betafunksjonen* for en Yang–Mills teori, som forteller hvordan

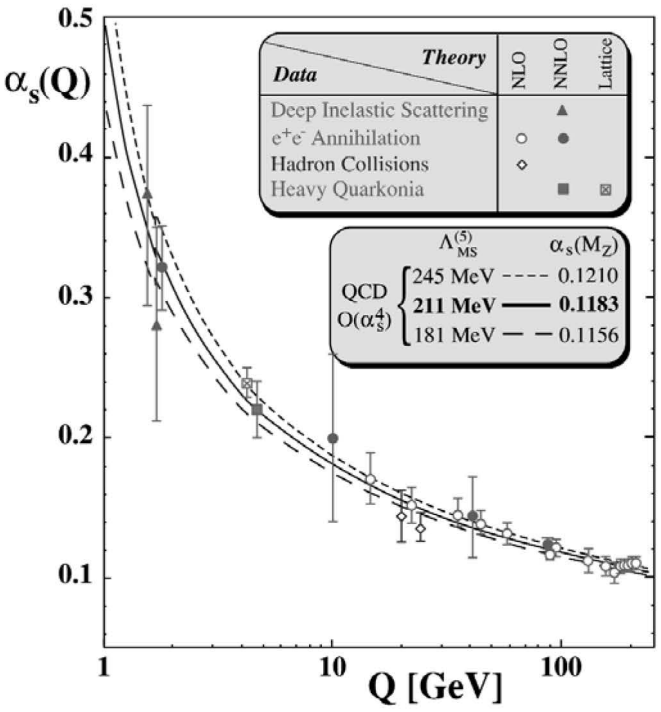
styrken på vekselvirkningen avhenger av energien. Svaret de fant, til første orden, var:

$$\beta(g) = \frac{-g^3}{16\pi^2}\left(\frac{11}{3}N_C - \frac{4}{3}\frac{N_F}{2}\right) \qquad (1)$$

Her er g koblingsstyrken, N_C antall sterke fargeladninger og N_F antall kvarktyper som finnes. For tre fargeladninger, slik Gell–Mann og Zweig hadde foreslått, sier ligningen at dersom verden har færre enn 16 forskjellige kvarker (rundt 1970 kjente man til tre, og i dag vet vi at det finnes seks), så er betafunksjonen negativ. Dette var svært overraskende siden alle andre feltteorier som var studert hadde positive betafunksjoner. En negativ betafunksjon betyr at når energien øker så blir kraften ikke sterkere, slik den blir i en abelsk teori, men svakere. Dette er hva vi i dag kaller *asymptotisk frihet* – når vekselvirkningen går asymptotisk mot høy energi, vil koblingen til slutt forsvinne, og partiklene i teorien blir frie fra kraften. Dermed løste mange av problemene med feltteori seg – man fikk et energiområde der perturbasjonsteori kunne fungere, og det viste seg at Landau-polen som hadde plaget teorien tidligere, flyttet seg på en slik måte at den nå i stedet kunne forklare hvorfor man aldri hadde sett en fri kvark.

Oppdagelsen av den negative betafunksjonen utløste enorm interesse for feltteori. En av de virkelige fordelene med de nye resultatene var at de gjorde en forutsigelse som lett kunne testes eksperimentelt – hvordan koblingsstyrken varierer med energien. Alt i 1975 begynte de første målingene å komme, og figur 2 viser en sammenligning av disse med den nye teorien. Også senere datapunkter fra de siste tredve årene er vist. Her er Q et ml p energien i en kollisjon mellom to partikler, og α_s viser hvor sterkt partiklene reagerer med hverandre. Resultatet er åpenbart. Ikke bare stemmer det at koblingen blir svakere når energien øker, men måten den blir svakere på er akkurat som beregnet av Gross, Politzer og Wilczek i 1973 (linjene i figur 2). Asymptotisk frihet er virkelig, og er en sentral egenskap ved den sterke kjernekraften og QCD.

Dermed er vi fremme ved bildet av den sterke vekselvirkningen som en strikk mellom to bærere av fargeladning. Ved vekselvirkninger med høy energi, som tilsvarer kort avstand siden partiklene kommer nær hverandre før de bøyes av, blir kraften svak som for en slapp strikk, mens for lavere vekselvirkningsenergi blir den sterkere. Det er også slik at kraften er lineært avhengig av avstanden mellom partiklene, slik at jo lenger unna hverandre de kommer, jo sterkere blir den – akkurat som når en strikk strekkes ut. Dette er også grunnen til at vi aldri vil se en fri kvark – siden kraften som holder en kvark bundet til en annen blir større og større med avstanden, vil vi til slutt få lagret så mye energi i "strikken" at den kan ryke, og vi får dannet en ny kvark i den ene enden og en antikvark i den andre. Alt dette kommer av at den sterke kjernekraften er en ikke-abelsk teori som innebærer at kraftbærerne for den sterke kjernekraften, gluonene, selv har ladning og vekselvirker med hverandre. I QED er det ikke slik. Her er fotonet kraftbærer, og det har som kjent ingen elektrisk ladning.



Figur 2. Hvordan den sterke vekselvirkningen $\alpha_s = g^2/4\pi$ endrer seg med energien Q, ifølge teori og eksperimenter. Vi ser at jo kraftigere to partikler kolliderer, jo svakere virker den sterke kjernekraften. Punktene er data fra eksperimenter, linjene er forutsigelser fra teorien.

Konsekvenser og anvendelser av asymptotisk frihet

Oppdagelsen av asymptotisk frihet i sterke vekselvirkninger har hatt en enorm betydning for utviklingen av teoretisk fysikk og elementærpartikkelfysikk de siste tredve årene. Det gikk ikke lang tid fra de to publikasjonene i 1973 før QCD var ferdig formulert og det ble klart at kvantefeltteori var veien å gå for å forstå vekselvirkninger generelt. Det førte også til at Gell–Manns kvarker og deres

slektninger gluonene etter hvert ble akseptert som virkelige; og i dag tviler knapt noen på at de eksisterer selv om vi fortsatt bare har sett dem indirekte.

Med QCD klar og feltteori tilbake i et godt lys, ble det også gjort mer arbeid innen QED og elektrosvak teori, og Standardmodellen for partikkelfysikk ble etablert. Teorien sier at verden rundt oss oppfyller en symmetrigruppe som skrives som $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$, der den første kommer fra QCD og beskriver kvarker og gluoner, og de to siste kommer fra elektrosvak teori og beskriver leptoner (elektroner, myoner, tau-partikler og tre nøytrinoer) og kraftbærerne fotonet, $W^{\pm}$ og Z^0. Alle disse partiklene er observert eksperimentelt. I tillegg inneholder Standardmodellen Higgs-bosonet, som enda ikke er funnet. Det er siden slutten av 1970-tallet blitt jobbet mye med å finne en felles symmetrigruppe som kan inneholde og forklare de tre som i dag ligger i Standardmodellen, og forslagene inkluderer blant annet supersymmetri. Slike teorier kalles Grand Unified Theories, eller Store forente teorier, siden de ville forklart alle naturkreftene unntatt gravitasjon, på en gang.

Asymptotisk frihet leder også til spørsmålet "Hva skjer hvis store mengder kvarker og gluoner presses sammen i et lite volum, slik at avstandene mellom dem blir små og kraften blir svak?" I 1975 ble det forutsagt at dette ville kunne lede til en faseovergang for kjernematerie som minner om is som smelter til vann, der atomkjernene "smelter" til et nytt og ukjent stoff som ble kalt et kvark-gluon plasma. I dag jobbes det hardt med å prøve å lage en slik stofftilstand, og eksperimenter ved CERN i Sveits og Brookhaven Nat. Lab. i USA, tyder nå på at en kan ha sett spor etter den. Teoretisk er dette viktig fordi et kvark-gluon plasma kan finnes i midten av nøytronstjerner, og fordi det er mulig at hele universet var i denne tilstanden 10^{-6} sekunder etter Big Bang.

Oppdagelsen som ble gjort i 1973 av årets nobelprisvinnere, har slik vært helt avgjørende for vår forståelse av den sterke kjernekraften, og gjennom den av alt fra teoretisk elementærpartikkelfysikk til universets fødsel. Den vil fortsette å være sentral for arbeidet med å lage forente teorier for alle de fire naturkreftene.

Referanser til mer informasjon

1. Nobelkomiteens begrunnelse: *http://nobelprize.org/physics/laureates/2004/*
2. En artikkel om asymptotisk frihet: *http://nobelprize.org/physics/laureates/2004/public.html*
3. D. Gross: *Twenty five years of asymptotic freedom.* Nucl.Phys.Proc.Suppl. 74 (1999) *(http://arxiv.org/abs/hepth/9809060)*

∞

Radiosignaler med mange sekunders forsinkelse

Sverre Holm *

Det er ikke lenge siden det var 75-års jubileum for den første rapporten om forsinkede radioekko, og for norske lesere er det interessant at disse observasjonene først ble gjort i Norge. Professor Carl Störmer ved Universitetet i Oslo, kjent for målinger av nordlysets høydeutbredelse, rapporterte om dette i Nature i 1928.[1] Han begynner slik:

*Institutt for informatikk, Universitetet i Oslo

On Feb. 29 of this year I received a letter from Engineer Jørgen Hals, Bygdø, in which he says: "I herewith have the honour to advise you that at the end of the summer 1927 I repeatedly heard signals from the Dutch short-wave transmitter station PCJJ (Eindhoven). At the same time as I heard the telegraph-signals I also heard echoes. I heard the usual echo, which goes round the earth with an interval of about 1/7 second, as well as a weaker

echo about 3 seconds after the principal signal had gone."

Publikasjonen i Nature førte til et samarbeid med den nederlandske fysikeren van der Pol, og målinger av forsinkelser på opptil 30 s. Det mest oppsiktsvekkende var at ekkoene fra PCJJ med bølgelengde 31,4 m (9,55 MHz), kunne komme samtidig og med like lang forsinkelse både i Oslo og Hilversum.

Radiobølger utbrer seg så fort at de fleste ikke tenker over at de bruker noe tid i det hele tatt. Det eneste unntaket er en TV-nyhetssending med et intervjuobjekt i et annet kontinent. Satellittforbindelsen gjør at det da blir en merkbar forsinkelse fra slutten av et spørsmål til man hører svaret komme. Likevel har mye lengre forsinkelser vært hørt helt fra radioens barndom. Slike ekko opptrer veldig sjelden og kalles LDE (Long Delayed Echoes), men det finnes også artikler fra 1930-tallet hvor det kalles Hals-effekten.

Fortsatt er dette fenomenet uten en enkel og grei naturlig forklaring. I vår tid, da vi tror at det meste er forstått, er det også litt godt å komme over et fenomen der det fortsatt er plass for undring over hva som skjer.

Mange hypoteser er blitt prøvd ut ved hjelp av sterke sendere både i England, USA og Sovjet, uten at dette har ført til noen konklusjon. Men det har ikke vært rapportert om nye forsøk de siste 15–20 årene. Det kan tas som et tegn på at ingen har lenger tro på at dette kan forklares, eller at forskning som er styrt av ren nysgjerrighet har fått dårligere kår med årene.

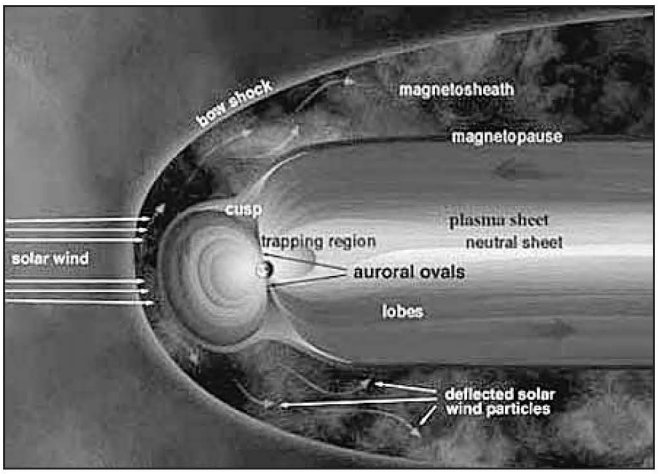
Utenomjordiske budskap?

Fantasien settes i sving når vitenskapen ikke har et klart svar. Den skotske science fiction-forfatteren Duncan Lunan foreslo i 1973 at det lå et romskip i ett av likevektspunktene mellom jorda og månen. Nå hadde disse romfarerne hørt de første radiosendingene fra jorda, og de var begynt å sende tilbake meldinger som var kodet ved hjelp av forsinkelser. Når disse punktene ble plottet, riktignok etter å ha trikset litt med den ene verdien, så kom det fram et bilde av stjernebildet Bjørnevokteren (Bootes). Den eneste forskjellen var at Lunans bilde var litt forvrengt; det var nemlig et bilde av Bjørnevokteren slik den så ut for 12 600 år siden, da de mystiske vesenene skulle ha dratt hjemme fra.

Den hviterussiske forskeren G.G. Filipenko, har en annen tolkning. Han brukte de heltallige ekkotidene til å slå opp i det periodiske systemet, og fant da sammensetningen til moderne halvledere som dioder og lysdioder. Kan noen allerede i 1927–28 ha prøvd å lære oss hvordan disse skal lages?

Naturlige forklaringer

A.G. Shlionskiy[2] deler mulige forklaringer opp i to grupper: Refleksjoner utenfor jordsystemet, og effekter i jordas ionosfære og magnetosfære. Han har fire hypoteser i den første kategorien og elleve i den andre. D.B. Muldrew[3] har gitt en god historisk gjennomgang av de fleste av dem. De fem mest sannsynlige forklaringene er gjengitt her.[4] Det som skiller dem er at de gjelder for ulike frekvenser. Flere av forklaringene bygger også på at radiobølgene ikke går med en hastighet på 300 000 km/s, og at de heller ikke går i rette linjer.



Figur 1. Jordas magnetosfære (bilde fra NASA).

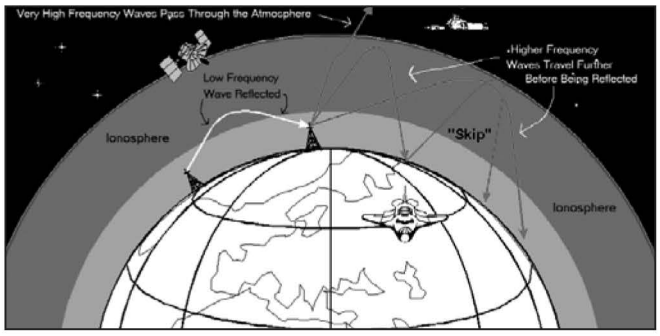
1. **Kanaler i magnetosfæren**

   Signaler i det lave kortbølgeområdet (1–4 MHz) kan gå ut gjennom ionosfæren over Norge, og følge en krum kanal langs jordas magnetfelt til et sted i nærheten av Sydpolen. Der reflekteres de på toppen av ionosfæren og kommer tilbake hit.[3] De elektromagnetiske bølgene vil følge magnetiske feltlinjer på jordas nattside, se figur 1, og opptil tre jordradier unna. Dette er den eneste av hypotesene som er blitt bekreftet med forsøk fra satellitter. Det er mest sannsynlig at dette kan skje om vinteren i år med lav solaktivitet og helst lenger sør enn Norge. forklaring.[5] Og denne

effekten kan bare gi forsinkelser på opptil 0,5 s, og bare for lave frekvenser, så derfor er den ikke helt i klasse med de neste hypotesene.

2. **Signalene går mange ganger rundt jorda**

   Det er ikke uvanlig at kortbølgesignaler kan gå en eller noen få ganger rundt jorda. Spesielle effekter i ionosfæren i høyder mellom 100 og 400 km, kan tenkes å gi fokuserings- og forsterkningseffekter slik at et signal kan ledes mange titalls ganger rundt jorda for så å gå ned til overflaten igjen.[2] Dette kan gi forsinkelser på opp mot ti sekunder for høye kortbølgefrekvenser. Så lange forsinkelser har vært rapportert der forsinkelsestidene ved en statistisk analyse viste seg å være et helt antall ganger omløpstiden rundt jorda (138 ms).



Figur 2. Jordas ionosfære (bilde fra NASA).

3. **Overgang til plasmabølger i ionosfæren**

   På toppen av ionosfæren, det øverste laget i figur 2, kan det skje en overgang til mekaniske plasmabølger. Disse bølgene går med bare ca. 1 km/s og brer seg opptil et titalls kilometer. Energien vil utbre seg langs magnetiske feltlinjer, og vekselvirkning med ionosfæreplasmaet kan gi en forsterkning av plasmabølgen. Så koples bølgen tilbake til en elektromagnetisk bølge igjen. Dette blir som en stor "hukommelse" for signaler med forsinkelser på opptil et titalls sekunder. Dette gjelder signaler i det midlere kortbølgeområdet, som de Hals observerte.

4. **Refleksjon fra plasmaskyer**

   I Lagrange-punktene, likevektspunktene mellom jorda og sola, vil det kanskje kunne ligge skyer av ioniserte gasser og partikler som kan tenkes å gi stabile refleksjoner. I disse punktene er gravitasjonen fra sola og jorda like store, og ett av dem ligger omtrent fire ganger så langt vekk som månen. Dette ville kunne gi ekko med åtte-ti sekunders forsinkelse for VHF- og UHF-signaler. Problemene med denne hypotesen er at signalene ville bli veldig svake pga. avstanden, og at det er observert andre tider for forsinkelsene enn den som stemmer med avstanden til det aktuelle Lagrange-punktet.

5. **Ikke-lineære effekter i tillegg til plasmabølgeovergang**

   En annen mulig forklaring for VHF/UHF ekko som ble foreslått av D.B. Muldrew[3], er at det kanskje kunne finnes en ukjent sender på nesten samme frekvens som ens egen. På grunn av ikke-linearitet i ionosfæren vil det da kunne oppstå et signal med en frekvens som forskjellen mellom de to frekvensene. Differansefrekvensen kopler seg så til plasmabølger som nevnt tidligere, og etter å ha blitt forsinket kopler den seg tilbake igjen via det ukjente signalet til den opprinnelige frekvensen. Dette kan forklare observasjonene til flere radioamatører som har mottatt forsinkede ekko under forsøk på å sende signaler via månen.

- Jeg hørte det virkelig

Ekkoeffekten er meget sjelden, så man kan ikke forvente å høre ekko på en mobiltelefon eller FM-radio. Noen ganger hører man riktignok ekkoer på mobiltelefoner, men det skyldes at signalene i telefonsystemet går fram og tilbake mellom sender og mottaker, og at den adaptive ekkokanselleringen ikke gjør jobben sin.

Hva har så skjedd med denne forskningen i Norge etter 1928? Hals og Störmer bodde bare ti minutters gange fra hverandre, så hver gang Hals hørte ekko kunne han ringe og få Störmer over. De gjorde flere observasjoner de neste årene, og Hals rapporterte til og med om ekko som kom flere minutter etter primærsignalet. Både Störmer og Hals skrev flere artikler om dette, og Störmer tok det også med i sin bok om nordlyset i 1955.[6]

Men etter 75 år gjelder fortsatt Jørgen Hals sine ord fra det første brevet til Carl Störmer: *"Hvor dette ekkoet kommer fra kan jeg ikke si nå. Jeg kan bare bekrefte at jeg virkelig hørte det."*

Referanser

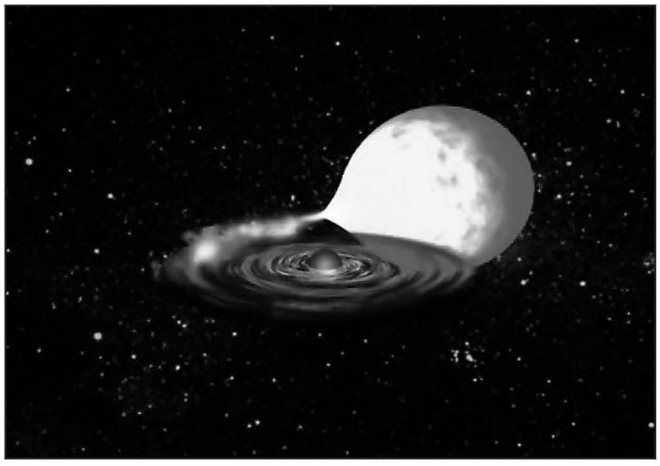
1. C. Störmer: *Short wave echoes and the aurora borealis.* Nature, No. 3079, **122**, 681 (1928)
2. A.G. Shlionskiy: *Radio echoes with multisecond delays.* Telecomm. and Radio Eng., **44**, No. 12, 48–51 (1989)
3. D.B. Muldrew: *Generation of long-delay echoes.* Journ. Geophys. Res., **84**, A9, 5199–5215 (1979)
4. R.J. Vidmar and F.W. Crawford: *Long-delayed radio echoes: Mechanisms and observations.* Journ. Geophys. Res., **90**, A2, 1523–1530 (1985)
5. G.R.A. Ellis and G.T. Goldstone: *The probability of observing ducted magnetospheric echoes from the ground.* Journ. Geophys. Res., **95**, No. A5, 6587–6590 (1990)
6. C. Störmer: *The Polar Aurora.* Oxford University Press, London (1955)

∞

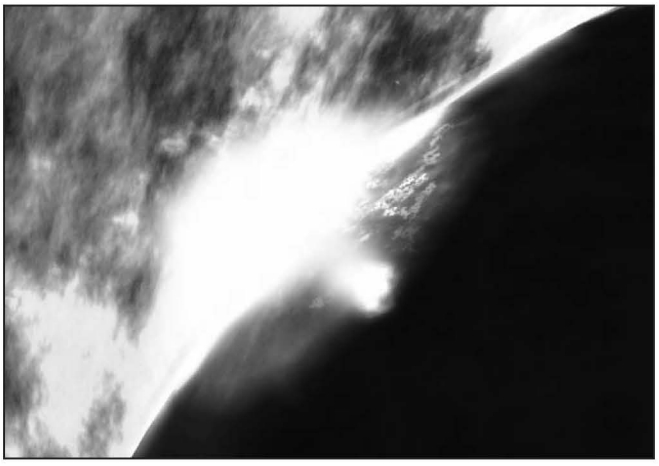
Gravitasjonell rødforskyvning som astronomisk redskap

Øyvind Grøn *

Med to dagers mellomrom i september 2004 ble det rapportert at den gravitasjonelle rødforskyvningen var brukt i astronomiske undersøkelser. I den ene ble rødforskyvningen brukt til å studere strukturen til en nøytronstjerne[1,2], og i den andre til å bestemme massen av et supermassivt svart hull i sentrum av en galakse[3,4].

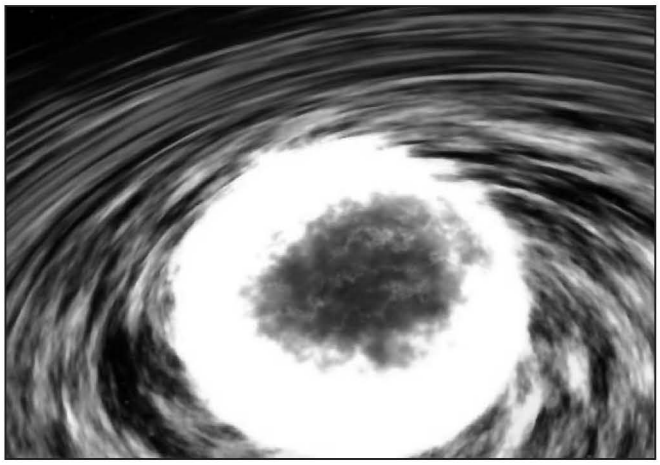


Figur 1. Nøytronstjernen EXO 0748-676 er tegnet som en kule på figuren. Den er med i et dobbeltstjernesystem der medstjernen har en størrelse omtrent som Sola. Nøytronstjernen omgir seg med et sterkt gravitasjonsfelt som trekker materie fra dobbeltstjernen. Systemet roterer. Materien som strømmer mot nøytronstjernen, danner en virvelskive av varm gass rundt den.

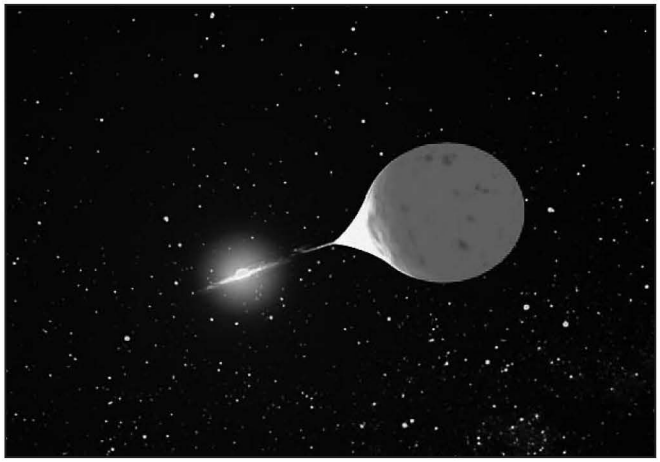


Figur 2. I den innerste delen av skiven beveger gasspartikler seg i spiralbaner ned mot overflaten til nøytronstjernen. Når skyer av gass nærmer seg overflaten til stjernen har de nesten lyshastighet og enormt høy temperatur. Idet en slik gassky krasjer mot overflaten, antennes gassen og det oppstår en eksplosjon av samme type som i hydrogenbomber, bare enda mye kraftigere.

*Høgskolen i Oslo, og Fysisk institutt, Universitetet I Oslo



Figur 3. En slik kjernefysisk eksplosjon ved overflaten av en nøytronstjerne i et dobbeltstjernesystem varer vanligvis i et par minutter, og det oppstår tre-fire slike eksplosjoner per time. Eksplosjonene gjør at nøytronstjernen opptrer som et sterkt strålende område, men med en variabel intensitet som skyldes at antenningspunktet roterer med stjernen og veksler mellom å være foran og bak den.



Figur 4. Denne illustrasjonen viser nøytronstjernen og dens medstjerne mens en sky av gass på nøytronstjernens overflate eksploderer.

Det indre av en nøytronstjerne

Astronomer har nylig gjort de hittil mest nøyaktige målingene av størrelsen og massen til en nøytronstjerne. De har brukt disse målingene kombinert med teorien for strukturen til nøytronstjerner og funnet ut hva den observerte stjernen består av.

Nøytronstjernen som er studert er med i et dobbeltstjernesystem kalt EXO 0748 - 676, som er 30 000 lysår fra Sola. I dette systemet blir gass fra medstjernen trukket over til nøytronstjernen på grunn av nøytronstjernens sterke gravitasjonsfelt. Gassen varmes kraftig opp når den nærmer seg nøytronstjernen samtidig med at tettheten øker. Temperaturen og tettheten blir så stor at det antennes fusjonsprosesser, og det oppstår en kjernefysisk eksplosjon i gassen helt nede ved overflaten til nøytronstjernen (se figur 1 – 4). Slike eksplosjoner lyser opp nøytronstjernen, men ødelegger den ikke siden en nøytronstjerne er utrolig solid.

En slik eksplosjon forårsaker intens utstråling i røntgenområdet av spekteret. Denne strålingen gjør det mulig å måle hvor raskt stjernen roterer fordi eksplosjonen kun dekker en del av stjernens overflate. Dermed vil det oppstå periodiske endringer i strålingen på grunn av stjernens rotasjon. Målingene viste at nøytronstjernen roterer 45 ganger i sekundet.

Det ble også gjort nøyaktige målinger av bredden til spektrallinjene. Denne avhenger av hastigheten langs synslinjen til et røntgenstrålende eksplosjonsområde når rotasjonen av stjernen fører området mot oss og vekk fra oss. Dopplereffekten gjør at spektrallinjer i strålingen fra et slikt område forskyves mot høyere frekvens når området beveger seg mot oss og mot lavere frekvens når det beveger seg vekk fra oss. Forskyvningen vokser med økende hastighet. Dette gjør at ved en eksponering som strekker seg over flere stjernerotasjoner, blir spektrallinjene bredere desto raskere et eksplosjonsområde beveger seg. Så ved å måle bredden til spektrallinjene kan man bestemme hastighetskomponenten langs synslinjen til lyskilder ved overflaten av stjernen. Ved også å bestemme vinkelen som stjernens rotasjonsakse danner med synslinjen, kan man på denne måten bestemme hastigheten til et punkt på stjernens overflate (Boks 1).

Nøyaktige målinger av spektrallinjene fra nøytronstjernen viste at linjene i strålingen hadde en rødforskyvning som skyldes at strålingen ble

Boks 1. Hastighet og radius

Vi betrakter et punkt som beveger seg med konstant hastighet v langs en sirkel med radius r. Tiden punktet bruker på en runde (perioden) betegnes med T. Punktets hastighet er da $v = 2\pi r/T$, som gir $r = vT/2\pi$.
Hastigheten til overflaten av en nøytronstjerne ble bestemt ved å måle bredden av spektrallinjer i strålingen fra et eksplosjonsområde på den roterende stjernen. Perioden for rotasjonsbevegelsen ble fastlagt ved å måle hvor raskt intensiteten varierte når strålingsområdet ble ført rundt stjernen av rotasjonsbevegelsen. En fant da at et punkt på overflaten brukte 1/45 sekund på en runde. Dermed var perioden T bestemt, og en kunne regne ut stjernens radius.

sendt ut fra kilder dypt nede i nøytronstjernens gravitasjonsfelt. En slik effekt ble forutsagt av Einstein som en konsekvens av relativitetsteorien. Når lyset beveger seg oppover i gravitasjonsfeltet til stjernen, mister det energi og frekvensen avtar. Dette kalles *den gravitasjonelle rødforskyvningen* (Boks 2). For strålingskilder på stjernens overflate avhenger denne rødforskyvningen av forholdet mellom stjernens masse og radius. Når radien er kjent, kan målinger av den gravitasjonelle rødforskyvningen brukes til å bestemme stjernens masse.

Boks 2. Gravitasjonell rødforskyvning

Når stråling beveger seg gjennom rommet opptrer den som bølger, og når den vekselvirker med materie opptrer den som partikler, kalt fotoner. Et foton i stråling med frekvens ν har energi $E = h\nu$, der h er Plancks konstant. Fotonet har masse $m = E/c^2 = h\nu/c^2$. Når stråling beveger seg fra overflaten av et legeme med masse M og radius r, taper den energi. Den kan ikke bevege seg langsommere slik en stein vi kaster rett oppover gjør. Isteden blir frekvensen lavere. Siden rødt lys har lavere frekvens enn blått, vil stråling som beveger seg oppover i et tyngdefelt forskyves mot rødt. Dette kalles *den gravitasjonelle rødforskyvningen.*

I stråling som beveger seg fra overflaten av en stjerne til et punkt i stor avstand fra stjernen, har et foton i stor avstand fra stjernen mindre energi enn et foton ved stjernens overflate. Ved å bruke Newtons gravitasjonslov finner vi at forskjellen i energi er $h\Delta\nu = GmM/r$, der G er Newtons gravitasjonskonstant. Den tilsvarende minskingen i frekvens er $\Delta\nu = (r_G/r)\nu$, der $r_G = GM/c^2$ er *gravitasjonsradien* til massen M. Den er rett og slett massen M målt i meter. For eksempel er Jordas gravitasjonradius 0,5 cm. Et svart hull med masse M har radius $r_S = 2r_G$ som kalles schwarzschildradien til massen M. Dette betyr at hvis man skal måle en masse M i meter, så må man gjøre om denne massen til et svart hull. Massen M målt i meter er halvparten av radien til det svarte hullet. Den gravitasjonelle rødforskyvningen blir: $z = -\Delta\nu/\nu$, som gir $z = r_G/r$. Rødforskyvningen til stråling fra overflaten av et legeme observert i stor avstand derfra er, ifølge denne tilnærmete formelen, lik forholdet mellom gravitasjonsradien og selve radien til legemet som strålingen sendes ut fra. En eksakt beregning der en bruker relativitetsteorien, gir $z = (1 - 2r_G/r)^{-1/2} - 1$. De to uttrykkene gir omtrent samme resultat dersom $r_G \ll r$. Ved å måle rødforskyvningen får en bestemt forholdet mellom legemets masse og radius.

Resultatet av alle målingene og beregningene var at radien til stjernen er 11,5 km, og den har en masse som er 1,75 ganger Solas masse. Forholdet mellom stjernens masse og radius bestemmer nøytronstjernens tetthet. Ved hjelp av teorien for det indre av nøytronstjerner kunne man fra disse dataene beregne trykkfordelingen i stjernen, og derav finne sammenhengen mellom tetthet og trykk. Denne sammenhengen kalles tilstandslikningen til stjernens materie, og den forteller oss om hva som er inni stjernen. En fant ut at nesten hele stjernen består av tettpakkede nøytroner, og at det sannsynligvis ikke er frie kvarker i stjernen.

Måling av massen til et svart hull

Britiske astronomer har observert en lysende sky av varm gass som roterer rundt et supermassivt svart hull i sentrum av en galakse 100 millioner lysår fra Sola. Denne "fakkelen" har omtrent samme avstand fra det svarte hullet som Jorda har fra Sola. Men på grunn av det sterke gravitasjonsfeltet til hullet beveger den glødende gassen seg mye raskere enn Jorda. I stedet for et helt år bruker den bare 6 timer på en runde.

Gass-skyen befinner seg i en virvelskive av materie som beveger seg rundt det svarte hullet. Materien i skiven suges langsomt opp av hullet, og gassen øker i temperatur og tetthet etter hvert som den nærmer seg hullet.

I de nye observasjonene målte en fire periodiske endringer i strålingsintensiteten fra omgivelsene til det svarte hullet, med en periode på 6 timer. Dermed hadde astronomene greid å fastlegge perioden til en strålingskilde som beveget seg i svært lav bane rundt det svarte hullet. For å bestemme massen til det supermassive svarte hullet i sentrum av galaksen, var det nødvendig å kombinere bestemmelsen av perioden med resultatet av spektroskopiske undersøkelser.

Det ble gjort målinger av en spektrallinje i "fakkelen" knyttet til utstråling fra jernatomer som falt fra et høyere til et lavere energinivå. Ved å identifisere energinivåene kunne man si hvilken frekvens slik stråling ville ha hatt om den kom fra gass i ro i laboratoriet. Det viste seg at linjen ble observert med litt mindre frekvens og at linjens posisjon i spekteret hadde en liten variasjon med en periode på 6 timer. Dette ble forklart som en kombinasjon av to effekter. Variasjonen i frekvensen kom fra dopplereffekten på grunn av skyens bevegelseskomponent langs synslinjen. Denne varierer med en periode på 6 timer på grunn av skyens bevegelse rundt det svarte hullet. Den permanente rødforskyvningen kom av at skyen befant seg langt nede i gravitasjonsfeltet til det svarte hullet. Det var den gravitasjonelle rødforskyvningen.

En greide også å bestemme rotasjonsaksens vinkel med synslinjen. Fra dopplereffekten kunne en dermed bestemme hastigheten til skyen rundt det svarte hullet. Fra hastigheten og perioden kunne en regne ut radien (se boks 1). Forholdet mellom massen innenfor skyens bane og baneradien ble funnet fra målinger av den gravitasjonelle rødforskyvningen. Dermed kunne massen til det svarte hullet bestemmes. Resultatet var en masse på mellom 10 og 50 millioner solmasser. Den relativt store usikkerheten skyldes særlig at en ikke hadde nøyaktig kjennskap til hvor nær overflaten den lysende skyen var.

De nye rapportene har vist hvordan et resultat fra relativitetsteorien – at lys rødforskyves når det beveger seg oppover i et tyngdefelt – kan brukes som et astronomisk redskap til å gi informasjon både om strukturen til nøytronstjerner og om massen til svarte hull.

Referanser

1. A.R. Villareal og T.E. Strohmayer: *Discovery of Neutron Star Spin Frequency in EXO 0748 – 676.* Internett: *xxx.lanl.gov/* Preprint: astro-ph/0409384.
2. Pressemelding: *http://www.gsfc.nasa.gov/topstory/2004/0908nsmatter.html*
3. K. Iwasawa, G. Miniutti og A.C. Fabian: *Flux and energy modulation of redshifted iron emission in NGC3516: implications for the black hole mass.* Internett: *xxx.lanl.gov/* Preprint: astro-ph/0409293.
4. Pressemelding: *http://www.universetoday.com/am/publish/astronomers_watch_black_hole_eat.html*

∞

Om fysikk-kunnskap

Min far kan de enkle tingene i fysikken veldig godt og grundig, og det er det nesten ingen fysikere som kan.

Aage Bohr

∞

Om alder og lærdom

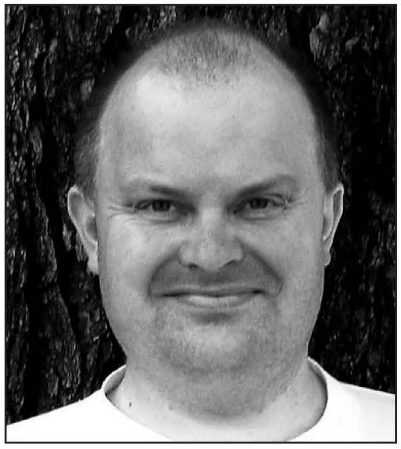
For mye ungdom og for mye alderdom tynger på tanken, altfor stor og altfor liten lærdom likeså.

Blaise Pascal

∞

Nye Doktorer

Steinar Bjørnstad



Cand.scient. Steinar Bjørnstad forsvarte 2. september i år avhandlingen *Packet switching in optical networks* for graden dr.ing. ved NTNU.

Svitsjing av pakker i fiberoptiske nettverk kan muliggjøre anvendelser som høykvalitets videotelefoni og -overføring, og medisinsk assistanse ved kirurgiske inngrep. Dette kan skje gjennom kostnadseffektive løsninger for overføring av informasjon med høy kvalitet og kapasitet.

Ved optisk fiberkommunikasjon kan mange tusen gigabit per sekund overføres over avstander på mange tusen kilometer. Geografiske tettsteder er i dag forbundet med fiberoptiske linker, men selve svitsjingen av data foregår elektronisk. Dette er en flaskehals, og i doktorgradsarbeidet foreslår Bjørnstad hvordan bruk av elektronikk kan unngås slik at dataene i de optiske linkene svitsjes i optiske pakkesvitsjer.

Videre foreslås løsninger der optikk benyttes til å kople inn en reservefiberkabel før brudd oppstår i viktige kabelforbindelser. Avbrudd i livsviktig trafikk kan derved unngås.

Prosjektet er utført ved Institutt for elektronikk og telekommunikasjon, NTNU, med professor II Dag Roar Hjelme som hovedveileder og professor ved Universitetsstudiene på Kjeller (UNIK), Aasmund Sudbø, som medveileder. Arbeidet er finansiert av Norges forskningsråd og Telenor R&D.

Steinar Bjørnstad er cand.scient. fra Universitet i Oslo. Han er ansatt som forsker ved Telenor R&D.

∞

Erik Wolden Dvergsnes

Cand.scient. Erik Wolden Dvergsnes forsvarte 5. november 2004 avhandlingen *Extra Dimensions at Particle Colliders* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen.

Dvergsnes har i avhandlingen studert mulighetene for å oppdage ekstra romlige dimensjoner ut over de tre vi kjenner til, gjennom eksperimenter ved eksisterende og fremtidige partikkelakseleratorer. Selv om vi tilsynelatende lever i et univers med fire dimensjoner (en tids- og tre romdimensjoner), har det vist seg at vi ikke kan utelukke muligheten for at det fins ekstra dimensjoner som hittil ikke er blitt oppdaget. Eksistensen av slike kan gi en mulig forklaring på hvorfor gravitasjonskraften er så mye svakere enn de andre fundamentale kreftene i naturen (sterke og elektrosvake vekselvirkninger).

I avhandlingen fokuseres det på to eksisterende scenarier der man antar at det finnes ekstra dimensjoner. Det vises at økt foton-bremsestråling er et mulig signal for ekstra dimensjoner, dersom slike eksisterer. En annen indikasjon kan være observasjon av uventet mange elektron–positronpar som sendes ut med stor vinkel målt i forhold til retningen de innkommende partiklene har. Denne type signaler vil kunne måles gjennom eksperimenter ved CERNs Large Hadron Collider som starter opp i 2007.

Doktorgradsarbeidet er utført som en del av ATLAS-prosjektet ved Institutt for fysikk og teknologi, UiB, med veileder professor Per Osland. Dvergsnes har hatt studieopphold ved NORDITA, København. Han er nå ansatt som forsker ved Rogalandsforskning, avdeling Bergen.

∞

Jarle Andre Johansen

Siv.ing. Jarle Andre Johansen forsvarte 3. juni i år avhandlingen *Low-frequency Noise Characterization of Silicon-Germanium Resistors and Devices* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Tromsø.

I det siste tiåret har SiGe-legeringen muliggjort en ekstremt høy ytelse i silisiumkompatibel teknologi og er nå i ferd med å overta hvor GaAs har dominert. Elektronisk støy er en fundamental begrensning i utviklingen av stadig mindre, raskere og mer pålitelige elektroniske komponenter og kretser, og setter en nedre grense for signalnivået. Denne støyen har sitt opphav i mekanismene for ladningstransport i materialer og er uunngåelig. Støy er derfor en viktig indikator på kvalitet i materialet. Silisium har bedre støyegenskaper enn GaAs, og innføringen av SiGe har skapt et behov for å karakterisere støyen i denne legeringen.

Johansen har studert støyegenskapene til en rekke silisiumbaserte halvlederkomponenter. Han har sett på hvordan SiGe-legeringen påvirker den elektroniske støyen og har studert mekanismene for den. Han har anvendt signalanalyse til å analysere ikke-lineære koblinger mellom frekvenskomponenter i støysignalet, og har karakterisert integrerte tynnfilmresistorer, felteffekttransistorer og bipolare transistorer. En hovedkonklusjon er at SiGe ikke påviker støyegenskapene i negativ retning. For resistorer og felteffekttransistorer kan en ikke se vesentlig forskjell på Si og SiGe. For bipolare transistorer gir legeringen mulighet til å kunne designe med lav støy. SiGe gir høyere ytelse enn silisium uten at støyen forverres.

Veiledere har vært dr. Arthur D. van Rheenen, FFI, dr. Xuyuan Chen, SINTEF, og professor Alfred Hanssen, Uitø. Johansen er nå førsteamanuensis ved Institutt for fysikk, UiTø.

∞

Wafaa Khater

M.Sc. Wafaa Khater (fra Palestina) forsvarte 20. august 2003 vhandlingen *Top Quark Pair Production and CP violating Higgs Sector* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen.

Top-kvarken er meget tung sammenlignet med andre kvarker, og er en av de mest interessante av elementærpartiklene. En annen interessant partikkel er Higgs-partikkelen som er forutsagt av teorien, men enda ikke påvist eksperimentelt.

Teorien som gir en elegant beskrivelse av alle kjente partikler og krefter kalles "Standardmodellen". Til tross for at den har hatt mange suksesser, antas det at den ikke kan gi svar på spørsmål som: Hvorfor er materie-antimateriesymmetrien brutt? Hvorfor er den såkalte ladningspariteten (CP) brutt, og hva har den å gjøre med den observerte dominans av materie i forhold til antimaterie i universet? Fysikere foreslår andre teorier som "To-Higgs-Dublett-modellen", for å gi svar på slike spørsmål. Denne relativt enkle modellen tillater CP-brudd.

Generelt er CP-brudd omtrent like mystisk i dag som da de først ble oppdaget for 40 år siden. I sin avhandling har Khater undersøkt et mulig CP-brudd som skyldes koblingen mellom top-kvarken og Higgs-feltet. Hvorvidt denne effekten finnes i naturen, må avgjøres av eksperimenter ved CERN.

Doktorgradsarbeidet til Khater er utført ved Fysisk institutt, UiB, ved gruppen for teoretisk partikkelfysikk med professor Per Osland som veileder.

Wafaa Khater har vært doktorgradsstudent ved Fysisk institutt, UiB, i perioden 1999 til 2003 med stipend fra Statens lånekasse for utdanning. Hun underviser nå ved Birzeit-universitetet på Vestbredden, og deltar i et tverrfaglig samarbeidsprosjekt mellom universitetene i Bergen og Birzeit.

∞

Trim i FFV

FFVT 4/04

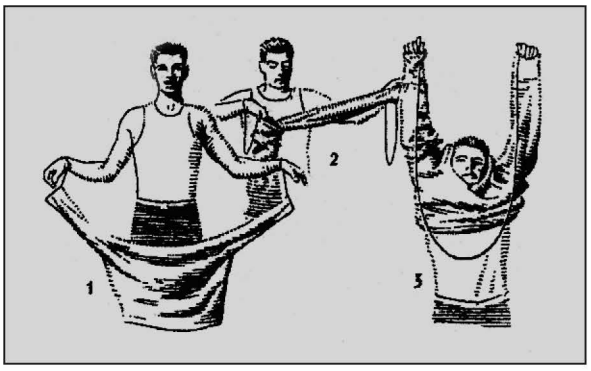
Gullkjedet. En dame har fire deler av et gullkjede hvor hver bit har tre ledd. Hun ønsker at gullsmeden skal lodde bitene sammen til et armbånd med 12 ledd. Gullsmeden beregner seg honorar etter hvor mange ledd han må åpne og lukke, og han mener at det må bli fire ledd. Damen derimot mener det er nok å åpne tre ledd. Hvordan kan det gjøres?

Gassballong i bil. Vi har med oss en gassballong i bilen og kjører rett fram med konstant fart og vinduene lukket. Ballongen er festet i en hyssing slik at den svever like under taket. Hva vil skje med ballongen når bilen akselererer? Hvordan oppfører ballongen seg når bilen svinger?

Løsning FFVT 3/04

Genserproblemet. En person med genser hadde hendene bundet sammen med et meterlangt tau. Hvordan kunne han ta av seg genseren, vrenge den, og ta den vrang på seg igjen uten å løsne tauet?

Genseren kan bare tas av ved å vrenge den over hodet. Den blir da hengende på tauet (1). Nå kan genseren vrenges gjennom det ene ermet mens den henger på tauet (2). Dermed får den rettsiden ut igjen. Til slutt kan genseren vrenges på igjen over hodet (3). Tre vrenginger gir til sammen vrengt genser på kroppen.



Hvis genseren har skrift på forsiden, vil skriften nå berøre brystet eller ryggen på personen?

∞

Bokomtale

Korrigering av bokomtale

Kristian Fossheim and Asle Sudbø: Superconductivity. Physics and Applications. John Wiley & Sons, 2004 (424 sider).

I min omtale av den nye boken i superlederfysikk av Fossheim og Sudbø, kom jeg dessverre i skade for å gjengi tittelen feilaktig. Den skal være som her.

Daniel Shantsev

∞

Nytt fra NFS

Fysikkåret 2005

Det internasjonale fysikkåret 2005 nærmer seg med stormskritt! Aktiviteter begynner å ta form og det ser ut til at året vil by på en rekke flotte fysikkarrangement. Spesielt må det nevnes at det nå er klart at det blir utarbeidet et teaterstykke som skal framføres i Bergen ved åpningen av Fysikermøtet 2005, og en komposisjon er under utarbeidelse i anledning fysikkåret. Professor Gaute Einevoll, NLH, har påtatt seg oppgaven å være mediekontakt i fysikkåret.

Nettstedet *www.fysikk2005.no* er nå oppe og går. Aktivitetskalenderen blir oppdatert etter hvert som arrangement meldes inn. Det er lagt inn en funksjon på "kalender"-siden som gjør det mulig å melde inn aktiviteter direkte via Internett. Som dere ser av nettsiden, vil det blant annet legges ut "fysikkdrypp" på denne siden. Eventuelle bidrag på dette punktet kan sendes til selskapets sektretær, Henning Frydenlund Hansen. Under spalten "Siste nytt" vil nyheter og aktualiteter bli presentert.

Anne Borg

∞

Nye medlemmer 26. oktober 2004

Fernando Albuquerque de Oliveira
Brasilia Universiti, Brasilis DF, Brazil

Morad Amarzguioui
Kirkeveien 82, 0364 Oslo

Jan Øystein Haavig Bakke
Institutt for fysikk, NTNU

Kjetil Børkje
Elvegata 16, 7012, Trondheim

John Øyvind Folde
Nesjaveien 27, 5108 Bergen

Davi de Miranda Fonseca
Institutt for fysikk, NTNU

Nina Frederike Jeppesen Edin
Damkroken 22, 0373 Oslo

A.K. Sarin Kumar
Inst. for elektronikk og telekommunikasjon, NTNU

Rosales Osvanny Ramos
Fysisk institutt, UiO

Eldrid Svåsand
Pilestredet 98B, 0354 Oslo

Renaud Toussaint
Fysisk institutt, UiO

Randi Vågane
Langbølgen 25, 1150 Oslo

Harald Martin Aarbogh
Wilhelm Stormsgt. 1, 7012 Trondheim

∞

B-BLAD

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

Retningslinjer for forfattere

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Anne Borg
Institutt for fysikk, NTNU
e-post: anne.borg@phys.ntnu.no

Visepresident:
Professor Gunnar Løvhøiden
Fysisk institutt, UiO.
e-post: gunnar.lovhoiden@fys.uio.no

Styremedlemmer:
Professor Gaute Einevoll
Inst. for matem. realfag og teknologi, NLH.
Professor Ruth Esser
Inst. for fysikk, UiTø.
Professor Jon Otto Fossum
Inst. for fysikk, NTNU.
Professor Ulf Kristiansen
Inst. for elektronikk og telekom., NTNU.
Førsteaman. Jon Samseth
Høgskolen i Akershus.
Professor Jan S. Vaagen
Inst. for fysikk og teknologi, UiB.
Lektor Eimund Aamot
Levanger vgs.

Selskapets sekretær:
Stip. Henning Frydenlund Hansen
Institutt for fysikk, NTNU,
Høgskoleringen 5, 7491 Trondheim.
Tlf.: 73 59 07 26, Fax.: 73 59 77 10
e-post: henning.hansen@phys.ntnu.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

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

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

Redaksjonskomité:
Førsteaman. Åshild Fredriksen
Inst. for fysikk, UiTø.
Professor Per Osland
Inst. for fysikk og teknologi, UiB.
Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU.
Førstelektor Ellen K. Henriksen,
Fysisk inst., UiO.

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

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