

Fra Fysikkens Verden



Albert Einstein (1879-1955) malt av Henrik Lund
(Se artikkel: *Henrik Lund portretterte fysikere*)

Nr. 2 – 2010
72. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øyvind Grøn
Marit Sandstad

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Nils-Erik Bomark:	
Er mørk materie identifisert	40
T. Gjesteland, N. Østegaard:	
R. S. Hansen og J. Stadsnes	
Jordiske gammaglimt	45
Emil J. Samuelsen:	
Magnetiske monopolar?	49
Fra Redaktørene	38
FFV Gratulerer	38
Hans Kristian Eriksen	
In Memoriam.	39
Alexis C. Pappas	
Fra Fysikkens Historie	52
H. Lund portretterte fysikere	
Hva skjer	55
Fysikkevalueringen 2009	
Fysikkolympiaden 2010	
Nordisk fysikermøte	
Bokomtale	60
Griffiths and Podolsky:	
Space-Times in Relativity	
Nytt fra NFS	61
Nye medlemmer	
Nettverk i fysikkhistorie	
Trim i FFV	61
Nye Doktorer.	62
PhD Tore Birkeland	
PhD Ketil Røed	
PhD Lene Sælen	

Fra Redaktørene

Den 15. februar i år kom Forskningsrådets evaluering av fysikkforskningsmiljøene i Norge, *Basic Physics Research in Norway*. I dette nummeret av FFV har vi fått med kommentarer til rapporten fra NFS' leder og fra mange av instituttlederne ved de ulike fysikkmiljøene i Norge.

Med et dokument på over 200 sider, må man si at det er et stort arbeid som er lagt ned av den internasjonale komiteen, og det er definitivt verdt å ta en nærmere kikk på det. En av konklusjonene vi kan dra fra rapporten er at fysikkforskningen i Norge er av god kvalitet, men at det er lite av den dersom vi sammenlikner oss med andre skandinaviske land. Komiteen går langt i å si at dette skyldes manglende satsing på faget fra de bevilgende myndigheter.

Ergo: Vi gjør så godt vi kan, men vi får ikke penger nok. Men det er også vår jobb som fysikere å overbevise samfunnet om at fysikk er et fag det er verdt å satse på, også i det 21. århundre. Jeg tror denne rapporten kan være et godt verktøy i denne sammenhengen. Vi kan vise til at forskningen vi driver med faktisk holder god kvalitet, og at vi er i stand til å gjøre økte rammebetingelser om til mer forskning av samme kaliber.

Samtidig bør vi også ta oss tid til å se på anbefalingene til forbedringer som rapporten kommer med. Alle forslagene er kanskje ikke like gode, men skal vi bruke denne rapporten til å vise at vi kan og bør få økte rammer, bør vi også vise at vi gjør det vi kan for å utnytte de betingelsene vi har i dag.

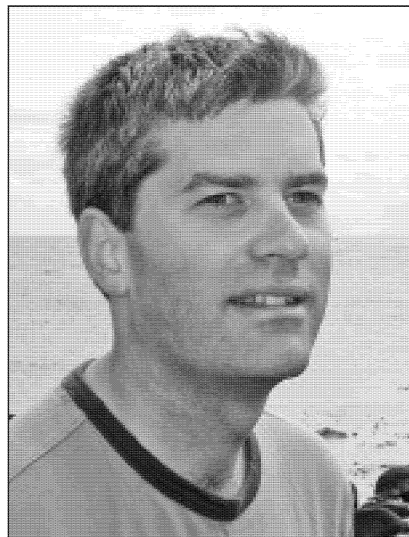
Derfor er det gledelig at Forskningsrådet har nedsatt en oppfølgingskomité som jobber med dette. Da er det viktig at vi ved de ulike instituttene og enhetene tar vår del av ansvaret og hjelper til med å tenke igjennom og gjennomføre de av endringene som vi har tro på. Vi bør starte med å delta i den første delen av prosessen der instituttlederne skal gå tilbake til sine institutter og vurdere hvilke av forslagene i rapporten som kan og bør implementeres hos dem.

Vi ønsker herved oppfølgingskomiteen lykke til med sitt arbeid, og håper at rapporten kan bli til hjelp og ettertanke både for oss som fysikere og forhåpentligvis også for en del utenfor fagfeltet.

Marit Sandstad

FFV Gratulerer

Nansenbelønning til Hans Kristian Eriksen



Førsteamanuensis Hans Kristian Kamfjord Eriksen ved Institutt for teoretisk astrofysikk, Universitetet i Oslo, er vinneren av *Fridtjof Nansens belønning for yngre forskere* i 2010.

Hvert år deler Nansenfondet og de dermed forbundne fond ut Fridtjof Nansens belønning for yngre forskere til en norsk (eller i Norge fast bosatt) forsker under 35 år som har levert vitenskapelige bidrag av internasjonal betydning på meget høyt nivå. Belønningen består av et diplom og 50 000 kr. Hans Kristian Eriksen ble tildelt denne belønningen for 2010 for fremragende forskningsresultater innen teoretisk astrofysikk. Belønningen ble overrakt under årsmøtet til Det Norske Videnskaps-Akademi.

Hans Kristian Eriksen er født i 1977. Han tok cand.scient.-graden ved UiO i 2002 og Ph.d.-graden ved Institutt for teoretisk astrofysikk i 2005. Hoveddelen av doktorgradsarbeidet ble utført ved NASA Jet Propulsion Laboratory og Caltech. For doktoravhandlingen, som besto av ti artikler i ledende internasjonale tidsskrifter, mottok han H.M. Kongens gullmedalje i 2006. Han ble førsteamanuensis i 2009.

Eriksens vitenskapelige arbeider dreier seg først og fremst om å utvikle nye metoder for å analysere den kosmiske mikrobølge-bakgrunnsstrålingen. Hans analyser av data fra den amerikanske WMAP-satellitten har vist at universet kan være merkelige enn vi har trodd. Nå arbeider han med data

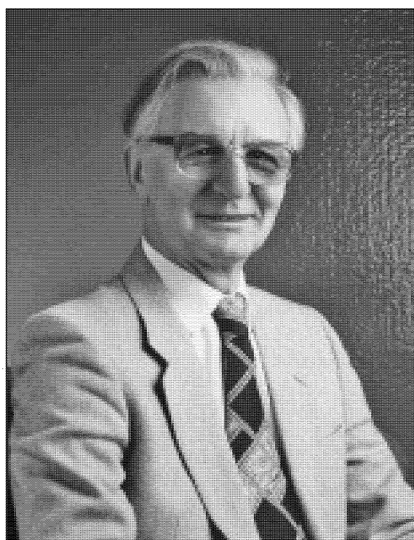
fra den europeiske Planck-satellitten, der han er medlem av Core Team, og han leder den norske deltakelsen i et radioastronomisk observatorium i Chile, QUIET, som studerer polarisasjonen til bakgrunnsstrålingen. *Vi gratulerer!*

Per B. Lilje

∞

In Memoriam

Alexis C. Pappas (1915–2010)



Professor Alexis C. Pappas døde 12. februar 2010 i en alder av vel 94 år. Han ble født i London av greske foreldre. Faren var i Belgia for å studere til ingeniør da han kom i kontakt med direktøren for Atlas Remfabrikk i Norge og ble invitert til å ta seg jobb der etter utdannelsen. På grunn av invasjonen under første verdenskrig flyktet ingeniørstudenten fra Belgia til London. Etter krigen reiste så familien til Oslo der faren ble ansatt i Atlas Remfabrikk.

Alexis fikk således hele sin skolegang i Oslo og tok examen artium ved Frogner gymnas i 1934. Deretter begynte han å studere på Blindern. Han gjennomførte hovedfagstudiet i uorganisk kjemi hos professor Ellen Gleditsch. Hun hadde i flere år arbeidet i laboratoriet til Marie Curie og var blitt ekspert i radiokjemi, og hadde tilegnet seg en stor internasjonal kontaktflate i sitt fag. Dette fikk Alexis benytte seg av som universitetsstipendiat.

Han dro da til Paris og arbeidet hos professor M. Haissinsky i et rikt miljø i kontakt med nobelpristakerne Irène Joliot Curie og Frédéric Joliot ved Institut de Radium og Collège de France.

Etter parisoppholdet dro Pappas til USA og gjorde en betydelig forskningsinnsats ved Laboratory for Nuclear Science, M.I.T. i Boston, et senter for fisjonsstudier ledet av professor Charles D. Coryell. Etter et par års intens forskning der kunne Pappas skrive sammen en "M.I.T. Technical Report No. 63", *A Radiochemical Study of Fission Yields in the Region of Shell Perturbations and the Effects of Closed Shells in Fission*, en avhandling han forsvarte for den filosofiske doktorgrad ved Universitetet i Oslo i 1954. Under disputasen spurte andreopponenten, professor B. Trumpp, om doktoranden hadde vært alene om dette overveldende materialet som var lagt frem. På den tid var det ennå slik at doktorarbeidet måtte produseres i lønnkammeret.

Ryktet om Pappas' vitenskapelige innsats gikk som ild i tørt gress verden over, og studenter fra Canada, USA, Argentina og også fra Asia, søkte seg til Oslo for å lære kjernekjemi. Hans avhandling var blitt en lærebok i faget. Ved Universitetet i Oslo var det trange kår for studentene som bare hadde et hjørnelaboratorium og et lite tellerom å dele. Men Pappas fikk finansiell støtte fra Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd, og Landsforeningen mot kreft var bevisst på disiplinens betydning og bevilget midler til et gaveprofessorat i radioisotopkjemi for fem år ved Universitetet. Men omfanget av aktiviteten til Pappas gikk ut over det rent nasjonale ved at han ble involvert i oppbyggingen av CERN.

I København var det opprettet en CERN-gruppe for teoretiske studier ledet av Niels Bohr. Han inviterte Pappas til å forestå innledende eksperimentelle CERN-studier ved syklotronen i Uppsala initiert av The Svedberg. I tillegg kom direktøren for CERNs SC-divisjon (Syncro-Cyclotron Division), professor Gentner, til Oslo for å få Pappas til å bygge opp kjernekjemilaboratorier og lede kjernekjemisk forskning ved CERN i Genève. Med sin faglige kapasitet og personlige egenskaper, ble senere innsatsen fra Pappas en betydelig årsak til opprettelsen av ISOLDE (ISotope-On-Line-DEvelopment) ved CERN, hvor det nå er blitt en verdensledende virksomhet innen kjerneforskning på kortlivete nuklider.

På den hjemlige arena trakk Pappas til seg mange studenter. Han var en glimrende og inspirerende foreleser og hadde en uformell omgangs-

tone. På grunn av plassmangel fikk kjerne-kjemien overta isotoplaboratoriene ved Sentralinstitutt for industriell forskning, og det førte med seg at Pappas ble leder av en egen avdeling for kjernekjemi ved Kjemisk institutt. Etter en 10-års periode kunne kjernekjemien i 1968 flytte inn i det nye Kjemibygget på Blindern, og Pappas og hans gruppe fortsatte med studier av høyenergifisjon, radioaktivt nedfall, ^{90}Sr og dets opptak i næringskjeden og i knokler i mennesker, n-aktiveringsanalyser og miljøkjemi med radioøkologi.

I den seneste perioden i sitt embete var Pappas sterkt opptatt av Big Bang og den etterfølgende dannelsen av de kjemiske grunnstoffer og deres isotoper i universet. Han tiltrakk seg mange fulle auditorier ved sine fascinerende foredrag om hvordan materien var blitt til.

I det internasjonale miljø var Pappas en gigant innen kjerneforskning. Men også nasjonalt ble han høyt verdsatt og respektert. I 1979 ble han utnevnt til Ridder av 1. klasse av Den kongelige norske Sanct Olavs Orden, og han ble tildelt Videnskaps-Akademiets Fridtjof Nansens belønning i 1980 og Guldberg-Waage-medaljen av Norsk Kjemisk Selskap i 1983.

Alexis C. Pappas falt for aldersgrensen i 1985. I sitt 25 år lange otium skrantet hans fysiske helse, men hans mentale aktivitet var intakt like til det siste; og han hadde gleden av å ha sine to barn, Jan og Tone, og også sine venner, i sin nærhet. Med en hjerneblødning tok et eventyr av et forskerliv slutt.

Jorolf Alstad

∞

Er mørk materie nå identifisert?

Nils-Erik Bomark *

Det er lenge blitt spekulert på om det er mulig å se spor etter mørk materie i den kosmiske strålingen som kontinuerlig bombarderer jorden. Til tross for mange forsøk på å se slike spor har det så langt ikke gitt nevneverdige resultater, dette fordi slike målinger er svært vanskelige. Dette er nå i ferd med å forandres, mye på grunn av to satelittinstrumenter, PAMELA og Fermi LAT.

Den 20. august 2008, ved en konferanse i Stockholm, ble det presentert en figur med noen datapunkter. Dette skjer selvfølgelig ganske ofte, men det er ikke så ofte disse figurene alene gir opphav til flere hundre vitenskaplige publikasjoner som prøver å forklare dataene med alt fra usikkerheter i målinger til eksotisk ny fysikk. Dataene var så etterlengtede

at deltakere på konferansen fotograferte figuren under presentasjonen, målte datapunktene med linjal og brukte dem neste dag i sine egne presentasjoner.

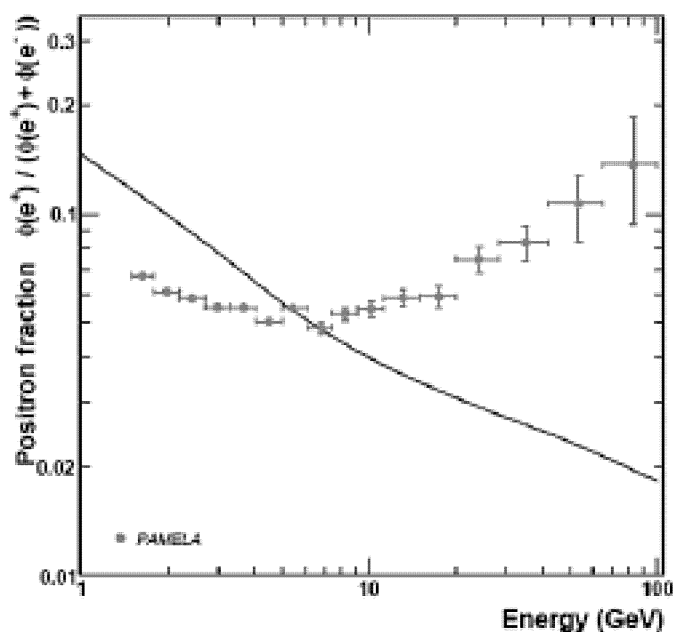
Så hva var det som skjedde?

Dataene kom fra et satelittinstrument som heter "a Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics", eller PAMELA kort og godt. Dataene som vekket slik oppsikt kan ses i figur 1. Vi vil komme tilbake til dette senere, men først må vi introdusere noen begreper.

Antimaterie

Da Paul Dirac prøvde å forene spesiell relativitetsteori med kvantemekanikken, oppdaget han at likningene hans så ut til å ha løsninger med tilsynelatende negativ energi. Dette var svært problematisk og trengte en forklaring. Det viste seg at det han hadde funnet var at alle materiepartikler, som f.eks. elektroner og protoner, har en tilsvarende

* Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Bergen.



Figur 1. Dataene som lagde oppstyr i Stockholm viser andelen av den totale fluksen av elektroner og positroner som er positroner. Kurven viser en teoretisk beregning av hva man forventet seg å måle. Vi ser at de målte dataene og den teoretiske kurven er svært forskjellige, derav den store interessen. Energiskalaen er her angitt i GeV (10^9 eV), en vanlig enhet i partikkelfysikk. 1 GeV tilsvarer omtrent massen til et proton (husk at masse og energi er utbyttbare: $E = mc^2$).

partikkel med samme masse, men med motsatt ladning. Disse nye partiklene ble kalt *antipartikler*.

Det negativt ladde elektronet fikk derfor en antipartikkel som har elektronets masse, men er positivt ladet. Den fikk navnet *positron* og ble oppdaget straks etter at Dirac forutså dets eksistens. Tilsvarende fikk protonet en antipartikkel med navnet *antiproton*.

Positroner og antiprotoner oppfører seg i prinsippet helt likt med elektroner og protoner bortsett fra at ladningene er motsatte. Det er ikke noe problem å se for seg atomer av antipartikler; det er faktisk blitt produsert antihydrogenatomer ved det europeiske partikkelfysikklaboratoriet, CERN. Det er omtrent like lett å se for seg en hel verden av antimaterie, og den vil se ut akkurat som den verden vi lever i. Problemet er bare at materie og antimaterie ikke kommer særlig godt overens. Hvis f.eks. et elektron og et positron møtes, tilintetgjør de hverandre fullstendig, og det eneste som blir igjen er elektromagnetisk stråling.

Heldigvis finnes det ikke så mye antimaterie i vår verden. Det skapes noen få positroner i visse radioaktive henfall, men de er så få, og forsvinner så fort, at vi ikke merker mye til dem. Vi kan

også skape antimaterie i akseleratoranlegg som ved CERN, men det krever mye energi, og de skapte antipartiklene treffer snart en partikkel og tilintetgjøres.

Den eneste signifikante kilden til antimaterie er verdensrommet; positronet ble faktisk oppdaget i kosmisk stråling. Selv i verdensrommet finnes det dog ikke særlig mye antimaterie. Det er blitt foreslått at noen av de stjernene og galaksene vi ser kan være laget av antimaterie i stedet for av materie, men målinger støtter ikke dette. Fraværet av antimaterie i universet er et av de største mysteriene i moderne fysikk.

Til tross for, eller delvis takket være fraværet av store mengder antimaterie i universet, er antimaterie en svært interessant del av den kosmiske strålingen.

Kosmisk stråling

Hva er kosmisk stråling, og hvor kommer den fra?

Mesteparten av den kosmiske strålingen er faktisk protoner som er blitt akselerert opp til nesten lysets hastighet av elektriske felt i verdensrommet. Dette skjer f.eks. når stjerner eksploderer som supernovaer. I noen tilfeller kan slike protoner komme opp i energier som er flere millioner ganger større enn de energier vi kan oppnå med partikkelakseleratorer. Fra de samme prosessene kommer også høyenergetiske elektroner, men ingen antimaterie.

Antimaterien oppstår når de høyenergetiske protonene treffer gassmolekyler i rommet. Da skjer omtrent det samme som vi prøver å gjøre ved CERN; de kolliderende partiklene går i stykker og nye partikler av alle mulige slag skapes. Blant disse nye partiklene finnes det både antiprotoner og positroner.

PAMELA

Det er her PAMELA kommer inn i bildet. PAMELA er et satellittinstrument laget for å måle kosmisk stråling, blant annet antimateriekomponenten av strålingen. Siden disse partiklene ikke klarer å ta seg gjennom jordens atmosfære er det nødvendig å gjøre disse målingene i rommet.

En av de tingene PAMELA har målt er den såkalte positronfraksjonen. I dette tilfellet har man tatt antallet positroner og delt på summen av antall positroner og elektroner. Å ta denne fraksjonen hjelper til å fjerne en del av usikkerhetene fra instrumentet. Man har målt denne positronfraksjonen for

forskjellige energier. Resultatet er vist i figur 1, og det var disse dataene som laget oppstyr.

Den heltrukne kurven i figur 1 viser en teoretisk modell til dels basert på tidligere målinger av kosmisk stråling og antakelsen om at positroner kommer fra kosmiske protoner som kolliderer med gassmolekyler i rommet. Hvis disse antakelsene var riktige ville man vente at dataene skulle falle sammen med kurven. Det gjør de ikke.

Ved energier under ca. 10 GeV forventer vi oss faktisk et avvik. Det er på grunn av solens aktivitet. Når solen har høy aktivitet, dvs. mange solflekker, er solens magnetfelt sterkere enn vanlig. Dette gjør det vanskeligere for ladde partikler å ta seg inn i solsystemet. Modellen i figur 1 er tilpasset en annen solaktivitet enn den som var da PAMELA tok disse dataene.

Det kan se litt rart ut at PAMELA ikke bruker en modell som er tilpasset riktig solaktivitet. Grunnen til det er sannsynligvis at PAMELA var det første instrumentet som målte denne effekten for positronfraksjonen. Alle tidligere målinger (bortsett fra de aller første som hadde svært store usikkerheter) ble utført ved omtrent samme solaktivitet, og de stemmer svært godt overens med den teoretiske modellen. Men man vet heller ikke helt nøyaktig hvordan solaktiviteten påvirker positronfraksjonen, og derfor er det vanskelig å inkludere dette i modellen.

Solens magnetfelt er for svakt til å stoppe partikler med energier over ca. 10 GeV. Derfor burde ikke solaktiviteten spille noen rolle for fluksen av slike partikler. Likevel ser det ut til at avviket mellom data og modell i figur 1 øker over 10 GeV. Dette må bety at det kommer positroner fra et hittil ukjent sted. Det var dette som laget oppstyr; den ukjente kilden til disse positronene kunne være mørk materie.

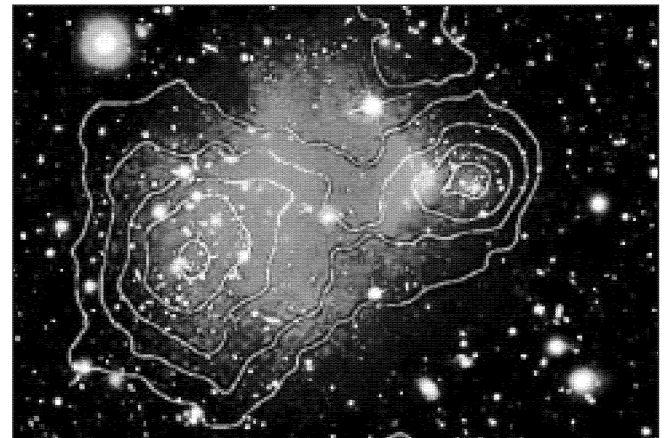
Mørk materie

Vi er i dag ganske sikre på at det finnes store mengder mørk materie i universet. Bevisene for dette er mange og forskjellige slik at det er svært vanskelig å finne forklaringer på alle sammen samtidig uten å regne med mørk materie.

Mange av de sterkeste bevisene kommer fra noe som kalles gravitasjonslensing. Denne metoden utnytter det faktum at ifølge Einsteins generelle relativitetsteori kan massive objekter som stjerner, galakser og store ansamlinger av mørk materie få lys til å bøye av. Dette gjør at slike massive ob-

jekter kan fungere som linser som forandrer bildet til stjerner og galakser som ligger bakenfor. Bildet kan siden brukes til å beregne hvor mye masse som finnes mellom oss og stjernen eller galaksen vi ser på.

Denne metoden har gitt et av de sterkeste og mest spektakulære bevisene for eksistensen av mørk materie. Ved å måle fordelingen av den totale massen til den såkalte bullet-hopen, en galaksehoper som består av to galaksehoper som har kollideret, og sammenlikne dette med den materie man ser, har man som vist i figur 2 funnet at den synlige materien (lyst parti i midten) er separert fra den totale massen (lukkede konturer målt ved hjelp av gravitasjonslensing). Dette er svært vanskelig å forklare uten å anta at det finnes mye mer masse enn vi ser.



Figur 2. Bullet-hopen; to galaksehoper har kollideret og den synlige massen er blitt separert fra den totale massen. Det lyse området i midten viser den synlige materien, mens konturene viser den totale massen målt vha. gravitasjonslensing. (Bilde fra NASA.)

At den mørke og den synlige materien separeres på denne måten beror på at den synlige materien bremses av elektromagnetiske krefter i kollisjonen, mens den mørke materien bare flyr igjennom kollisjonen og derfor kommer foran den synlige materien. Simuleringer av dette stemmer svært godt med figur 2.

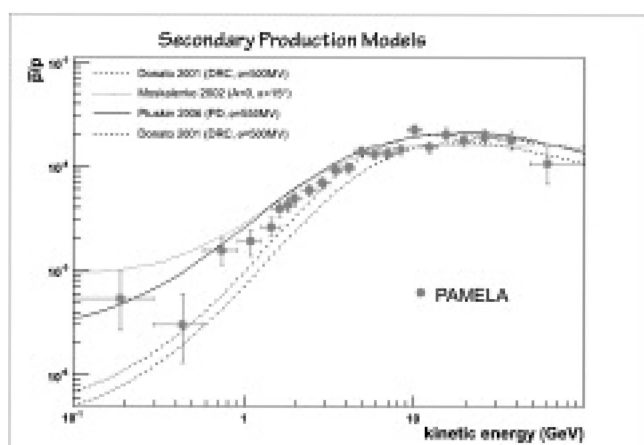
De bevisene som finnes ser ut til å kreve en helt ny slags partikkel, en partikkel annerledes enn alle partikler vi kjenner fra før. Det eneste vi vet om denne nye partikkelen er at den har en masse, og at den vekselvirker svært sjelden med andre partikler; ellers ville vi allerede ha funnet den. For å komme videre trenger vi å detektere disse partiklene på en ny måte. Alt vi vet i dag dreier seg om gravitasjon,

og det blir litt som å prøve å beskrive solen kun ut ifra dens gravitasjon. Det forteller ikke så mye.

Det finnes idag mange teorier om hva disse partiklene er for noe; stort sett hver eneste teori om ny fysikk har minst en mørk-materie-kandidat. Felles for mange av disse er at partiklene innimellom vil kollidere og tilintetgjøre hverandre slik at det blir vanlig materie igjen. Restene av slike kollisjoner vil da bli en del av den kosmiske strålingen og kan i beste fall måles.

Når nå PAMELA viste at det finnes flere positroner enn ventet i den kosmiske strålingen, begynte spekulasjonene om mørk materie umiddelbart. Det ble fort klart at det fantes noen problemer, og det første kom fra PAMELA selv. PAMELA har ikke bare målt positroner, det har også målt antiprotoner. Hvis mørk-materiepartikler kolliderer og tilintetgjøres i tilstrekkelig grad til å forklare positronene, så vil man i de fleste tilfeller få en stor mengde antiprotoner og, og de burde vise seg i PAMELAS antiprotondata. Det gjør de ikke. Istedenfor kan vi se i figur 3 at dataene ligger svært nært det teoretiske modeller uten bidrag fra mørk materie forutsier. Altså må vi justere mørk-materiemodellene slik at vi bare får positroner og ingen antiprotoner. Det lar seg i mange tilfeller gjøre.

Neste problem er at de fleste modeller gir for lite positroner, dvs. mørk-materie-partiklene kolliderer for sjelden. Også dette problemet kan løses, men det begynner å bli problematisk.

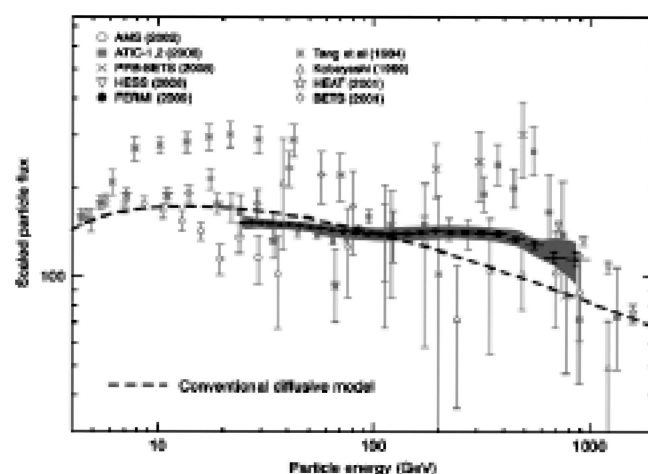


Figur 3. Antiprotondata fra PAMELA. Figuren viser fluksen av antiprotoner delt på fluksen av protoner. Kurven viser en teoretisk beregning av hva man forventet seg å måle. Vi ser at dataene stemmer svært godt med den teoretiske kurven.

Fermi LAT

Det finnes flere instrumenter enn PAMELA som måler kosmisk stråling. Av disse er Fermi LAT det mest interessante. LAT betyr "Large Area Telescope", mens Fermi er en hyllest til fysikeren Enrico Fermi. For enkelhets skyld bruker jeg fra nå av bare Fermi. Dette instrumentet kan måle gammastråling, dvs. svært energirike fotoner.

Ved de høye energiene vi snakker om her ser faktisk elektroner, positroner og fotoner ganske like ut i en detektor. Det betyr at Fermi trenger metoder for å fjerne alle elektroner og positroner fra dataene. Hvis man da lagrer de elektronene og positronene man har fjernet, kan man finne ut hvor mange elektroner og positroner man har. Dessverre er det ikke mulig å vite hvor mange av disse som er positroner og hvor mange som er elektroner, men man kan måle summen av elektroner og positroner svært nøyaktig. Disse målingene er vist i figur 4 hvor vi ser at også her trenger vi noe mer enn de gamle modellene. Dette er imidlertid ikke like klart som i figur 1. Det finnes faktisk så mye usikkerhet i modellene at det går an å forklare disse dataene uten noen ekstra kilde av elektroner og positroner. Problemet er at modellene må være konsistente med PAMELA-dataene i figur 1 og, og da trenger vi en ekstra komponent.



Figur 4. Fluksen av elektroner og positroner målt av Fermi LAT, sammen med den teoretisk forventede kurven. Fluksen er her blitt multiplisert med energien til partiklene i tredje potens for å få en mer oversiktlig figur.

Hva skjer da med våre forsøk på å forklare PAMELA-dataene fra mørk materie når også Fermi-dataene i figur 4 blir tatt hensyn til?

Kort sagt trenger vi tyngre mørk materie. Vi ser at Fermi-dataene ligger klart over den teoretiske kurven opp mot 1000 GeV. Siden energi alltid bevares, kan mørk materie aldri påvirke dataene over energier tilsvarende massen til mørk-materie-partikkelen (husk at masse og energi er utbyttbare: $E = mc^2$). Dette betyr at vår mørk-materie-partikkel må ha en masse på rundt 1000 GeV eller mer. Dette er ikke noen katastrofe, men det finnes teoretiske grunner til at man normalt arbeider med masser i størrelseorden 100 GeV.

Andre muligheter

Nå må vi kanskje spørre om det finnes andre muligheter for å forklare dataene enn mørk materie. Det finnes.

Den viktigste kandidaten er pulsarer. Dette er svært kompakte nøytronstjerner. Disse stjernene har magnetfelt langt kraftigere enn noe menneskeskapt magnetfelt. Disse magnetfeltene er så kraftige at de kan omdanne fotoner til par av elektroner og positroner. Ingen vet nøyaktig hva dette gir når det gjelder kosmisk stråling målt i vårt solsystem, men det er blitt spekulert på om pulsarer kan forklare dataene fra PAMELA og Fermi.

Dermed sitter vi igjen med et lite dilemma: Vi har to forskjellige forklaringer på dataene; hvordan vet vi hvilken som er riktig?

Det første vi bør sjekke er gammastråling. Husk at Fermi-instrumentet faktisk var bygget for å detektere gammastråler; elektroner og positroner var bare en liten bonus. Det viser seg at uansett hvordan man får til riktig mengde elektroner og positroner fra mørk materie, så vil man få gammastråler også. Dette gjelder ikke for pulsarer. Det betyr at gammastrålingen kan gi en god indikasjon på hvilken forklaring som er den riktige.

Denne analysen er ikke så lett. Det finnes mengder av gammastråler i universet, og vi må finne ut om noen av dem kommer fra mørk materie. Etter mye arbeid begynner bildet å bli klarere, og konklusjonen ser ikke ut å bli den vi håpet på: Man har ikke funnet noen tydelige spor etter mørk materie. Dataene er riktignok ikke gode nok til å utelukke alle mulige mørk-materie-forklaringer av elektron- og positrondataene enda, men man må være innbitt optimist for fortsatt å tro at dataene i figur 1 og 4 skyldes mørk materie.

Nå må vi huske på at selv om det viser seg at pulsarer er kilden til de elektron- og positrondataene vi har målt, så er ikke det så verst. Det ville bety

svært mye ny og interessant astrofysikk. Til sammenlikning er likevel en deteksjon av mørk materie blant de mest ettertraktete innen fysikken.

Hvordan går vi videre?

Selv om det ser ut til at vi ikke har funnet mørk materie denne gangen heller, kommer vi hele tiden nærmere. Om ikke så lenge vil forhåpentligvis dataene fra kosmisk stråling være gode nok til virkelig å teste teoriene for mørk materie. Det er blitt påstått at data fra Fermi vil gjøre det mulig å utelukke en svært stor klasse mørk-materie-teorier selv om man ikke finner noe. Nå har også den nye partikkelakseleratoren LHC (Large Hadron Collider) ved CERN startet opp, og funn derfra vil forhåpentligvis ha koblinger til mørk materie.

Konklusjonen er at vi gjør store fremskritt i jakten på den mørke materien. Men en må huske at det er fullt mulig at den mørke materien er slik at den vil unngå alle deteksjonsforsøk vi kan tenke oss.

Referanser

1. B. Swarup: *Excess positrons are linked to Geminga pulsar.* *physicsworld.com* Aug 10 (2009)
<http://physicsworld.com/cws/article/news/40065>.
2. J. Cartwright: *Could Fermi detect dark matter within a year?* *physicsworld.com* Jul 16 (2009)
<http://physicsworld.com/cws/article/news/39857>.
3. J. Cartwright: *PAMELA bares all.* *physicsworld.com* Nov 4 (2008)
<http://physicsworld.com/cws/article/news/36534>.
4. A. Lipniacka: *LHC, en Lykt inn i mørk materie.* Fra *Fysikkens Verden*, **68**, nr. 1, 6–12 (2006)
5. S. O. Sørensen: *Opprinnelsen til kosmisk stråling I.* Fra *Fysikkens Verden*, **57**, nr. 2, 37–43 (1995)
6. S. O. Sørensen: *Opprinnelsen til kosmisk stråling II.* Fra *Fysikkens Verden*, **57**, nr. 3, 69–77 (1995)
7. S. O. Sørensen: *Mørk materie.* Fra *Fysikkens Verden*, **52**, nr. 3, 57–67 (1990)

Jordiske gammaglimt

Thomas Gjesteland, Nikolai Østgaard, Ragnhild S. Hansen og Johan Stadsnes *

Satellitter har registrert korte glimt av gammastråling fra tordenværsområder siden 1991. Forskningen på dette fenomenet er ennå i startfasen, men en antar at slike gammaglimt sendes ut når elektroner som er akselerert i lynutladninger bremses opp i atmosfæren. Ved Universitetet i Bergen utvikles det nå et spesielt instrument for å studere dette fenomenet fra Den internasjonale romstasjonen. Denne artikkelen gir en oversikt over historikken og den mulige fysikken bak jordiske gammaglimt.

Overraskende oppdagelser

Kosmiske gammaglimt

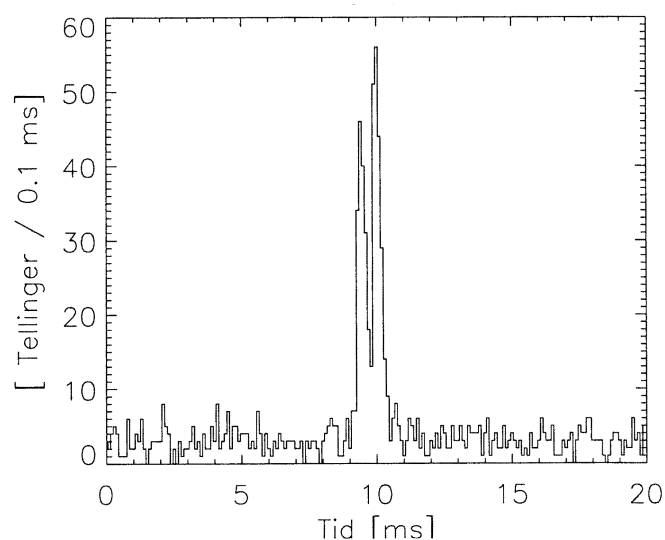
Under den kalde krigen satte USA VELA-satellittene i bane rundt jorden. De inneholdt gammadetektorer og andre instrumenter designet for å kontrollere at verdens stater holdt seg til avtalen om ikke å teste atombomber i atmosfæren eller i verdensrommet. Heldigvis, for fredens skyld, ble det ikke rapportert om slike prøvesprengninger, men om en annen viktig oppdagelse: Kosmiske gammaglimt, dvs. svært høyenergetisk elektromagnetisk stråling med fotonenergier helt opp i MeV-området og av ca. et tidels sekund til minutters varighet fra objekter i universet. Astronomene mener at de kortvarige gammaglimtene, dvs. de som varer under to sekunder, kommer fra kolliderende kompakte objekter – nøytronstjerner og svarte hull, mens de langvarige kommer fra eksploderende masserike stjerner.

Denne oppdagelsen initierte byggingen av *Compton Gamma Ray Observatory* (CGRO) – et stort observatorium til å studere kosmiske gammaglimt. Observatoriet kom i bane rundt jorden i 1991. Ett av instrumentene ombord var *Burst And Transient Source Experiment* (BATSE) som bestod

av 8 gammadetektorer plassert i hvert av hjørnene til CGRO. Ved å bruke tellingsforholdet mellom de ulike detektorene kunne en beregne hvor gammaglimtene kom fra. Etter noen år i bane kunne det ikke lenger utelukkes at flere gammaglimt kom fra jorden og disse fikk derfor navnet *Terrestrial Gamma ray Flash* (TGF).

Jordiske gammaglimt

Jordiske gammaglimt er av mye kortere varighet (~ 1 ms) enn kosmiske gammaglimt, og har et hardere energispektrum (høyere andel fotoner med stor energi) enn hva som er typisk for kosmiske gammaglimt. De er produsert av relativistiske elektroner som i vekselvirkning med atomkjerner danner kontinuerlig bremsestråling i energiområdet ~ 10 keV til 40 MeV. Figur 1 viser lyskurven til det første jordiske gammaglimtet som ble observert av BATSE i 1991. Figuren viser den korte varigheten til gammaglimtet.



Figur 1. Lyskurven til det første og kraftigste jordiske gammaglimtet som ble observert av BATSE i 1991. Hvorfor intensiteten varierer er ukjent.

* Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Bergen.

CGRO beveger seg over området mellom 30° nordlig og sørlig bredde som er der jordens store tordenområder befinner seg. Jordiske gammaglimt ble observert når satellitten passerte over områder med tordensystemer, og det ble foreslått at lyn spiller en viktig rolle i produksjon av jordiske gammaglimt.

Siden det første jordiske gammaglimt ble oppdaget har BATSE observert 78 slike glimt i perioden fra 1991 til 2000. Jordiske gammaglimt er også blitt observert av andre satellittinstrumenter. *Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager* (RHESSI) ble satt i bane rundt jorden i 2002 med formål om å studere gammastråling fra solen. RHESSI har også observert jordiske gammaglimt og har så langt observert over 900. Jordiske gammaglimt er ikke blitt observert ved jordoverflaten og en flykampanje sommeren 2009 (*the Airborne Detector for Energetic Lightning Emissions*, ADELE) detekterte heller ingen gammaglimt.

Charles Wilson forutsa jordiske gammaglimt og lyn i mesosfæren

Gammastråling fra atmosfæren

I 1924 foreslo *Charles Thomson Ree Wilson* at gammastråling kunne oppstå i atmosfæren ved oppbremsing av energirike elektroner (bremsestråling). Energirike elektroner som beveger seg i et medium mister energi ved rene coulombkollisjoner. Spredningen fra slike kollisjoner (rutherfordspredning) har et tverrsnitt for vekselvirkning, σ , som er omvendt proporsjonalt med energien kvadrert ($\sigma \propto 1/\varepsilon^2$). I det ikke-relativistiske regimet, vil friksjonskraften fra slike coulombkollisjoner være proporsjonal med produktet av den molekylære tettheten, N_m , elektronenergien og vekselvirkningstverrsnittet ($F \propto \varepsilon \sigma N_m \propto N_m/\varepsilon$). Friksjonskraften som virker på elektronene avtar derfor som $1/\varepsilon$. Elektroner som befinner seg i et elektrisk felt med feltstyrke $E > F/q$, der F er lik friksjonskraften for en gitt energi og q er elektronenes ladning, vil bli akselerert og øke sin kinetiske energi. Kraften fra det elektriske feltet er konstant mens friksjonskraften avtar ettersom energien øker. Wilson kalte elektroner som opplever dette for 'runaway'-elektroner.

Ettersom 'runaway'-elektroner raskt øker sin energi vil de bli relativistiske. Dermed modifiseres friksjonskraften slik at $F \propto (1/v^2) \ln(\gamma)$, der v er elektronets hastighet og γ er lorentzfaktoren, $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$. Fra energier omkring 1 MeV er farten tilnærmet lik lyshastigheten og øker der-

for ikke videre når energien øker. Friksjonskraften vil da øke sakte som $\ln(\gamma)$ og til slutt hindre en videre energioøkning for elektronene.

Senere har teorien om 'runaway'-elektroner blitt videreutviklet til å beskrive en 'runaway'-kaskade. Et energirikt elektron som befinner seg i et elektrisk felt vil akselereres før det kolliderer. I kollisjoner med atomer vil dette elektronet slå løs nye elektroner som dermed blir frie energirike elektroner som kan fortsette kaskaden og danne et skred av relativistiske 'runaway'-elektroner og, om kaskaden er stor nok, kalles den et 'runaway'-sammenbrudd. For å danne et 'runaway'-sammenbrudd trenger man et stort nok elektrisk felt og et "såkorn" (energirikt elektron).

Lynutladninger i mesosfæren

Wilson forutsa ikke bare jordiske gammaglimt. Han forutsa også lynutladninger i mesosfæren (50–80 km) som blir initiert av tordensystemer. Wilsons idé var meget enkel. Terskelen det elektriske feltet må overstige for å få en elektrisk utladning i atmosfæren er proporsjonal med luftens tetthet som avtar nærmest eksponentielt med høyden. Siden terskelnivået avtar eksponentielt, og det elektriske feltet fra en elektrisk dipol (tordenskyen) avtar som avstanden i tredje potens, vil det oppstå et punkt over tordenskyen der terskelen vil nås og dermed føre til en elektrisk utladning i den øvre atmosfære. Wilson antok at dette måtte skje i 60 til 80 km høyde. I 1990 ble dette dokumentert for første gang da et rødt lysende fenomen med varighet ca. 1 ms ble "fanget" på film. Dette "omvendte" lynet fikk navnet "røde ånder" (*red sprites*). Siden har flere optiske fenomener som følge av elektriske utladninger i øvre atmosfære blitt observert. De har fått fellesbetegnelsen *Transient Luminous Events* (TLE).

Hvordan oppstår jordiske gammaglimt?

Jordens atmosfære er en meget god absorlator for gammastråling. De viktigste faktorene er fotoelektrisk absorpsjon, comptonspredning og pardannelse. *Fotoelektrisk absorpsjon* er viktig for fotoner med energier opp til ca. 100 keV, og fører til at fotonene blir absorbert av atomer og molekyler. *Comptonspredning* er effektiv for høyere energier. Spredningen forandrer fotonenes retning og minsker deres energi. Den tapte energien blir overført til

elektronet fotonet vekselvirker med. Fra 1,022 MeV (summen av hvilemassen til et elektron og et positron) kan *pardannelse* oppstå. Et foton vil da henfalle til et elektron (hvilemasse 511 keV) og et positron (hvilemasse 511 keV). Den resterende fotonenergien deles mellom elektronet og positronet. Begge de nydannede partiklene danner ny bremsestråling, og positronet vil, når energien er redusert tilstrekkelig (virkningstverrsnittet er høyest for lave positron-/elektron-energi), annihilere sammen med et elektron og danne to fotoner, hver med energi omtrent 511 keV.

Gammafotoner som beveger seg i et medium vil tape energi gjennom pardannelse og comptonspredning før de kan bli absorbert ved fotoelektrisk absorpsjon. Absorpsjon av fotoner er selvsagt avhengig av hvor mye materie fotonene passerer, og siden jordiske gammaglimt ble observert i satellithøyde, ble de antatt å oppstå i den øvre del av atmosfæren (60–80 km høyde). Jordiske gammaglimt ble også satt i sammenheng med "røde ånder" siden man antok at de oppstår i samme høydeområde og har samme varighet.

Den første modellen som ble foreslått til å produsere jordiske gammaglimt i disse høydeområdene tok utgangspunkt i en hypotese om *kvasi-elektrostatisk felt*. Etter et lyn, der en stor mengde ladning er flyttet fra sky til jord (opptil 1000 C), vil det oppstå et kvasi-elektrostatisk felt mellom tordenskyen og ionosfæren. Under kraftige lynutladninger vil dette feltet kunne bli stort nok til at et 'runaway'-sammenbrudd kan oppstå. En trenger bare et "såkorn".

Det ble foreslått at såkornene er sekundærelektroner produsert av kosmisk stråling. De har en produksjonsrate på ca. 10 energetiske elektroner per m^3 per sekund i 10 km høyde. Videre studier viste at ifølge denne teorien burde det mest effektive høydeområdet for kvasi-elektrostatisk felt være ved ca. 20 km, som er området like over skytoppene i tropiske strøk. Før 2005 trodde man at dette stemte dårlig med observasjonene.

En ny teori som kunne forklare dannelse av jordiske gammaglimt i mesosfæren (50–70 km) ble derfor foreslått. Denne teorien baserer seg på følgende: Strømpulsene i en lynutladning sender ut bredbåndet elektromagnetisk stråling i VLF-området (*Very Low Frequency*, 3–30 kHz). Den elektromagnetiske pulsen fra en lynutladning vil bre seg utover i atmosfæren, og simuleringer har vist at i høyder omkring 60 km vil det elektriske feltet fra den utsendte pulsen kunne nå terskelverdien for

et 'runaway'-sammenbrudd, som igjen kan føre til jordiske gammaglimt.

Hvor produseres gammaglimtene?

Synet på jordiske gammaglimts opphav forandret seg radikalt i 2005 da *Joseph Dwyer og David Smith* presenterte en Monte Carlo-simulering av røntgen- og gammastråling i atmosfæren og sammenlignet disse med jordiske gammaglimtmålinger fra RHESSI. De bestemte produksjonshøyden for jordiske gammaglimt til 15–21 km. Disse resultatene er siden blitt bekreftet av flere grupper, blant andre av oss i Bergen.

Det er nå bred enighet om at jordiske gammaglimt hovedsaklig oppstår like over, eller inne i, tordensystemer. Dette stemmer overens med teorien om kvasielektrostatisk felt, men denne teorien har noen svakheter. På grunn av den lave produksjonshøyden til jordiske gammaglimt og atmosfærens effektive absorpsjon av gammastråling, er jordiske gammaglimt anslått til å bestå av mer enn 10^{17} fotoner for å kunne bli detektert i satellithøyder. Disse fotonene vil måtte dannes av mer enn 10^{18} elektroner. I en 'runaway'-kaskade er en analytisk vekstfaktor til kaskaden funnet fra Monte Carlo-simuleringer. Vekstfaktoren sier hvor mange elektroner man kan få ut av et startelektron i en kaskade. Et tordensystem har et maksimalt potensial på $U \sim 100$ MV, noe som resulterer i en vekstfaktor $\sim 10^6$. For å få 10^{18} elektroner må derfor andre effekter også spille inn for å gi 10^{12} startelektroner. Kosmisk stråling gir for få såkorn ($\sim 10^6$ elektroner per jordisk gammaglimt) til å veie opp for antallet som mangler.

Nye teorier

Relativistisk feedback kan gi en stor nok vekstfaktor til å forklare at det kan dannes jordiske gammaglimt som er observerbare fra satellitter. Feedbackmekanismen oppstår når positroner og fotoner blir tilbakespredt i kaskaden. De kan slå løs nye elektroner lengre bak i kaskaden, som igjen setter i gang nye kaskader. Fotoner har en spesiell evne til å starte nye kaskader i et stort område siden de beveger seg uavhengig av det elektriske feltet. Med en slik feedbackeffekt vil vekstfaktoren øke dramatisk.

Problemet med feedback-teorien er at den trenger et stort område med et stort elektrisk felt for

å være virksom. Dette vil bare kunne oppstå i tordensystemer med de mest ekstreme parametrene vi kjenner til ($U > 100$ MV), og det er lite sannsynlig at denne effekten kan resultere i så mange jordiske gammaglimt-observasjoner som er gjort til nå.

Den sist lanserte teorien om hvordan 10^{18} relativistiske elektroner kan nå dreier seg om termisk 'runaway'-sammenbrudd. For å starte en 'runaway'-kaskade trengs det såkorn-elektroner på et par hundre keV. I et termisk 'runaway'-sammenbrudd antar man at det elektriske feltet i tuppen av lynets grener (kalt *leaders/streamers*) er så sterkt at det kan akselerere "halen" til de termisk fordelte elektronene til flere hundre keV, slik at disse siden kan være såkorn-elektroner i en 'runaway'-kaskade. Monte Carlo-simuleringer har vist at det er mulig å få mer enn 10^{12} såkorn-elektroner fra et termisk 'runaway'-sammenbrudd som sammen med en vekstfaktor på 10^6 vil gi mer enn 10^{18} relativistiske elektroner.

I laboratorieeksperimenter med ca. 1 meter lange gnister (lyn), er det blitt målt gammafotoner på flere hundre keV i forbindelse med gnistens forgreining (streamer-dannelse). Det antas at dette også kan skje inne i tordensystemene, og dermed har vi en kraftig nok såkorn-generator til å danne jordiske gammaglimt som kan observeres fra satellitter.

Nye observasjoner

Det finnes nå observasjoner av jordiske gammaglimt fra en håndfull satellitter. Men ingen av disse satellittene inneholder instrumenter som er spesielt designet for å detektere jordiske gammaglimt. På grunn av jordiske gammaglimts korte varighet og høye intensitet, vil instrumenter som er designet for langt lavere tellerater og lengre varigheter ikke klare å registrere alle fotonene som treffer detektorene. BATSE-instrumentet klarer i noen tilfeller bare å registrere ca. 1/4 av fotonene som treffer detektoren. Hvilke fotoner som går tapt er avhengig av fotonenes energi. Dette har gjort analysene av energispekteret til jordiske gammaglimt svært vanskelige, og det er et behov for nye målinger om en ønsker å forstå fysikken bak de jordiske gammaglimtene.

Forsøk på å detektere jordiske gammaglimt fra fly har så langt vært mislykket, noe som høyst sannsynlig er et resultat av for lang avstand mellom flyene og gammaglimtene til å gi observerbare mengder av fotoner. Våre modelleringer viser at det vil være mulig å detektere jordiske gammaglimt

fra fly eller ballonger, men de må da være nærmere kilden enn detektorene til nå har vært.

Dagens status

Det er nå bred enighet om at de observerte jordiske gammaglimtene oppstår omkring tropopausen i 15–20 km høyde, og at de er relatert til lynutladninger. Observasjoner av jordiske gammaglimt fra BATSE og andre satellitteksperimenter, har knyttet slike gammaglimt til lynutladninger ved hjelp av VLF-målinger. En lynutladning sender ut elektromagnetisk stråling hovedsaklig i VLF-området (3–30 kHz); og i områder på jorden dekket av VLF-mottakere er det funnet VLF-signaturer til de fleste observerte jordiske gammaglimtene. Men det er fortsatt ikke enighet om hvilke typer lynutladninger (sky til sky eller sky til jord) som er relatert til jordiske gammaglimt, eller hva som kommer først, lyn eller gammaglimt.

Uløste spørsmål

Selv om jordiske gammaglimts relasjon til lyn er veletablert, gjenstår det mange ubesvarte spørsmål knyttet til dette fenomenet. Blant disse er:

- Hvor vanlige er jordiske gammaglimt?
- Oppstår de bare i høye tordenskyer, eller også i tordenskyer her nord der skyene er langt lavere enn 20 km?
- Dannes jordiske gammaglimt i kvasistatiske elektriske felt, eller inne i tordenskyene?
- Er det selve lynet som sender ut gammastråling?
- Hvor viktig er 'feedback'-effekten?
- Er jordiske gammaglimt resultat av et termisk 'runaway'-sammenbrudd?

Ny gammadetektor fra UiB

Ved Universitetet i Bergen utvikles det nå en spesiell gammastrålingsdetektor (*Modular X- and Gamma-ray Sensor*, MXGS) som skal plasseres på Den internasjonale romstasjonen i 2013. MXGS er spesialbygget for å observere jordiske gammaglimt. Den vil ha mulighet til å detektere store intensiteter ($> 10^6$ tellinger per sekund) og har et stort dynamisk energiområde (10 keV til 40 MeV). Dette instrumentet er en del av *the Atmosphere-Space Interactions Monitor* (ASIM) som vi håper vil kunne

gi svar på flere av spørsmålene omkring jordiske gammaglimt og andre spørsmål knyttet til elektriske utladninger i den øvre atmosfære.

Litteratur

1. Ø. Grøn: Nyhetsbrev om stjerner og Universet for 1999 og for 2000. Internett: <http://www.hio.no/Enheter/Avdeling-for-ingnioerutdanning-IU/Formidling/> (Lenke til gammaglimt.)
2. Internett: Terrestrial gamma-ray flash. http://en.wikipedia.org/wiki/Terrestrial_gamma-ray_flashes
3. NASA Space Science News: What Comes Out of the Top of a Thunderstorm. Gamma Rays from Severe Weather. Internett: <http://www-star.stanford.edu/~vlf/optical/press/fishman99nasa/>
4. D.M. Smith, L.T. Lopez, R.P. Lin and C.P. Barrington-Leigh: Terrestrial Gamma-Ray Flashes Observed up to 20 MeV. *Science* **307**, nr. 5712, 1085-1088 (2005). Internett: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/307/5712/1085>
5. G.J. Fishman et al.: Discovery of intense gamma-ray flashes of atmospheric origin. *Science* **264**, nr. 5163, 1313-1315 (1994). Internett: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/264/5163/1313>

∞

Magnetiske monopolar – finst dei?

Emil J. Samuelsen *

Artikkelen er skriven på bakgrunn av oppslag i enkelte fysikktidsskrift i 2009 om at magnetiske monopolar er observerte i spesielle krystallinske materiale kalla "spinn-is". Etter ein kort gjennomgang av hovudpunkta i det teoretiske grunnlaget for magnetiske monopolar, blir spinn-is-strukturen forklart og mekanismen gjennomgått for eksitasjonar av monopolar i denne strukturtypen.

Magnetiske monopolar

Magnetisk monopol, eller *magnetisk ladning*, er ein teoretisk konstruksjon. Det er stor grad av analogi mellom *elektrisitet* og *magnetisme*, men til no har ein ikkje vore i stand til å påvise at der eksisterer magnetisk ladning, analogt med elektrisk ladning. Det ville svare til at magnetiske nordpolar og sørpolar kunne eksistere kvar for seg, og kanskje til og med kunne forflytte seg som

ein 'magnetisk straum'. Teoretikarane har understreka at dei maxwellske likningane kan gjerast symmetriske mellom elektrisitet og magnetisme dersom ein innfører fiktive magnetiske ladningar og magnetiske straumtettleikar.

Eit sentralt arbeid her er det Paul Dirac publiserte i 1931,⁽¹⁾ og spesielt interessant er det at han kunne knytte *kvantisering av ladning* ($e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C) til mogleg eksistens av magnetiske monopolar. Diracs resultat er kvantemekanisk, og baserer seg på at atomær dreieimpuls er kvantisert, slik som i Bohrs atommodell.

Utgangspunktet er hypotesen om at magnetisk ladning q_m eksisterer, og at maxwell-likningane og lorentzkrafta kan generaliserast, og vidare at magnetfelt rundt ein monopol har same form som i Coulombs lov, $\mathbf{B} \sim (q_m/r^3) \mathbf{r}$, altså er radielt langs avstandsvektoren $\mathbf{r}$. Ei elektrisk ladning q_e (elektron) med fart $\mathbf{v}$ som går forbi i avstand $\mathbf{r}$ vil bli påverka av feltet med lorentzkraft $\mathbf{F} = q_e(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$. Krafta verkar loddrett på avstandsvektoren $\mathbf{r}$, og fører elektronet i ei bane som ligg på ei kjelgleflate, som diskutert av Leinaas.⁽²⁾ Krev ein at dreie-

* Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim.

impulsen for denne rørsle er kvantisert, får ein *Diracs ladningskvantiseringssvilkår*, $q_m q_e \sim n\hbar$. Her ser ein at dersom $q_m \neq 0$, må den elektriske ladninga vere kvantisert, ifølgje Dirac.

I ei grundigare, feltteoretisk utleiing kan ein erstatte monopolane med ein (tenkt) uendeleg tynn solenoide-'streng', der polane utgjer endepunkta i solenoiden; og ein finn at ein kan sjå bort frå effekten av denne 'diracstrengen' mellom nord- og sørpol nettopp når kvantiseringssvilkåra er oppfylte.

Mange forsøk er gjorde for å leite etter magnetiske monopolar høgt og lågt, t.d. i manganmodular på havsens botn og i materiale frå månen, og i kosmisk stråling, men ein har til no ikkje funne noko. For ei grundig innføring, sjå Miltons artikkel frå 2006.⁽³⁾

Monopolar i materiale?

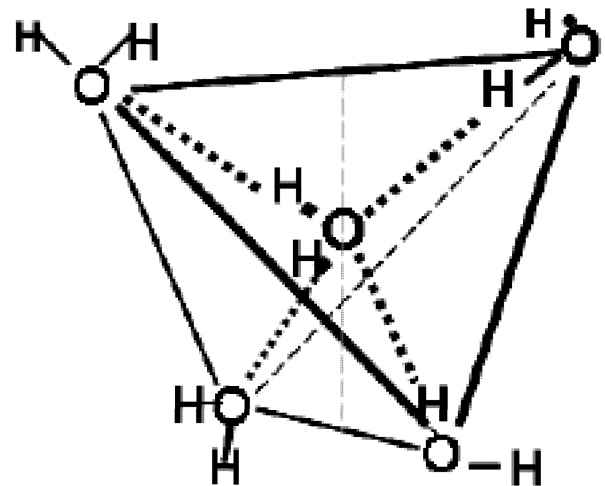
Det verka derfor som ein stor sensasjon då prestisjetunge tidsskrift som *Nature* og *Science*, og fagorgan som *Materials Today* og *Physics World*, i 2009 kunne annonsere "*Magnetic monopoles in spin ice*".

Sensasjonsbildet må nok nyanserast ein del. Ein har her å gjere med eit fenomen som opptrer i enkelte spesielle magnetiske materiale, eit fenomen som liknar formelt på eigenskapane til dei monopolane Paul Dirac utleidde.

Spinn-is

Desse materiala er titanat av dei sjeldne jordmetalla dysprosium (Dy) og holmium (Ho), med formel som $\text{Dy}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ (strukturen blir kalla *pyroklorstruktur*). Dy og Ho er berarar av atomære magnetiske moment på grunn av elektronspinn. Geometrien er slik at atoma sit i hjørna av tetraeder, som er bundne saman i eit romleg nettverk ved at hjørneatoma er delte mellom to tetraeder. Denne geometrien liknar på geometrien for oksygenatoma i is (H_2O), der kvart oksygen er bunde med hydrogenbindingar til dei fire næraste oksygenatoma. I grunntilstanden er det to H-atom som er nært knytte til kvart O-atom, i fagsjargongen kalla "is-regelen", mens to andre H-atom har lengre avstand til O-atoma (figur 1). Men ved høgre temperaturar kan H-atoma bryte is-regelen og "hoppe" langs H-bindinga. Denne fridomen gir eit ekstra bidrag til varmekapasiteten for is.

Det magnetiske momentet til Dy og Ho er påverka av to motstridande koplingar, ei ferromag-

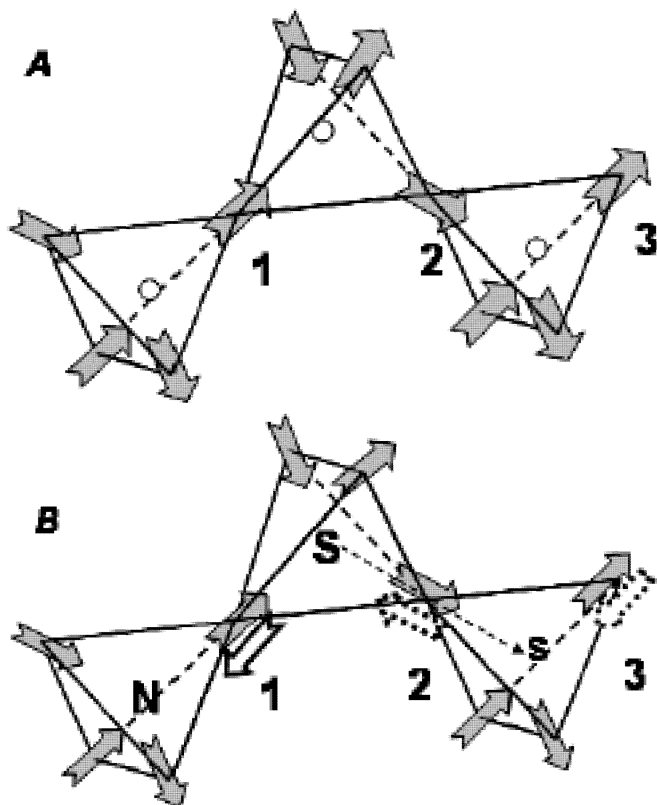


Figur 1. Is-strukturen. Kvart vassmolekyl H_2O er omgitt av fire andre vassmolekyl som er plasserte som hjørna i eit tetraeder. "Is-regelen" inneber at i grunntilstanden har kvart oksygenatom to hydrogenatom nære ved. Molekyla er bundne saman med 'hydrogenbindingar', dvs. fjernverknad mellom oksygenatoma via mellomliggande hydrogenatom.

netisk kopling som favoriserer parallelle spinn, og ei kopling til krystallgitret. Krystallgitterkoplinga er slik at spinna prefererer retninga inn mot, eller ut frå, sentret for tetraedret dei hører til (figur 2A). Begge desse krava kan ikkje oppfyllest samtidig; ein seier at "spinna er frustrerte". Systemet finn fram til eit kompromiss: I kvart tetraeder vil to atomære spinn peike innover mot sentret, og to utover, noko som gir tetraedret eit netto magnetisk moment. Dette er analogt med "to nær-H og to fjern-H" i is-strukturen. Denne likskapen er opphavet til den merkelege nemninga "spin ice". Den magnetisk ordna tilstanden opptrer ved svært låge temperaturar, om lag 1 K. Spinn-is-eigenskapane til pyroklorstrukturen har vore kjente sidan 1997.

Monopolar i spinn-is

Grunntilstanden i materiala følgjer "is-regelen". Dersom ein betraktar kvart atomært spinn som ein magnetisk dipol, svarar is-regelen til at det *inne i* tetraedret er to (atomære) nordpolar og to sørpolar, altså magnetisk nøytralitet. Men i ein *eksitert* tilstand kan eitt av dei fire atomære spinna flippe om, i konflikt med is-regelen. I det tilfellet vil tetraedret ha *tre* (atomære) nordpolar og *ein* sørpol (eller omvendt), medan nabotetraedret får *tre* sørpolar



Figur 2. Magnetisk moment (eller spinn) for Dy- eller Ho-atomer, plasserte på eit gitter av tetraeder som deler hjørna.

A: Grunntilstanden, med to moment peikande innover i tetraedra og to utover, slik at kvart tetraeder er 'magnetisk nøytralt'. B: Eksitert tilstand. Dersom "is-regelen" blir broten ved at momentet 1 snur retninga, blir det magnetisk 'ubalanse' i første og andre tetraeder, antydte ved magnetisk 'nordpol' N for første, og magnetisk 'sørpol' S på andre tetraeder. Om momentet 2 blir snudd i neste omgang, blir andre tetraeder 'nøytralt' medan tredje tetraeder blir ein magnetisk 'sørpol' S. Sørpolen kan flytte seg vidare ved at momentet 3 blir snudd.

og ein nordpol (figur 2B). Så kan eit anna spinn i nabetetraedret flippe, og dette tetraedret blir då 'magnetisk nøytralt', medan sørpol-overskotet er blitt flytta utover til nest næraste nabo. Dette kan gjenta seg lenger utover i gitret, og slik har ein fått separert ein netto nordpol (tre atomære nordpolar og ein atomær sørpol) og ein netto sørpol (tre atomære sørpolar og ein atomær nordpol). Det er dette som nyleg har fått nemninga *magnetiske monopolar*. Etter resonnementet lar dei seg separere til vilkårleg avstand i krystallgitret; dei er flyttbare og kan såleis skape ein "straum", ein 'magnetitet'.

Mellom nordpol og sørpol vil der vere ein serie (eit "spor") av tetraeder som har ei anna netto-momentinnretning enn det ueksiterte materialet. Dette sporet relaterer ein til den nemnte 'dirac-strengen'. Denne strengen vil vere av mindre betyd-

ning dess svakare magnetisk kopling der er mellom nabetetraeder.

I september 2009 kom to publikasjonar i *Science*^(4,5) baserte på nøytronspreiing og varmekapasitetsmålingar. Observert nøytronspreiing er sterkt temperaturavhengig, svarande til at fleire monopolar blir eksiterte når temperaturen aukar. Varmekapasiteten er i samsvar med Onsager-teori for elektrolyttar, altså ein 'magnetolytt'. Ein månad seinare vart ein artikkel publisert i *Nature*,⁽⁶⁾ der dei hevdar å ha påvist eksistensen av 'monopolar' ved hjelp av muon-relaksasjonsspektroskopi, også her fortolka ved hjelp av Onsagers elektrolytt-teori.

Det er ikkje tvil om at dette er særst interessant resultat om magnetismen i pyroklorstrukturen. Kanskje er det i orden å tolke resultata i monopolterminologi. Men 'ordentlege' monopolar i Diracs forstand er dette ikkje.

Konklusjon

Ein har til no ikkje kunna påvise magnetiske monopolar slik dei vart utleidd teoretisk av P. Dirac, men eit fenomen som liknar vart observert hausten 2009 i spesielle magnetiske strukturar ved låg temperatur, kjende under nemninga 'spinn-is'. Det dreier seg om 'frustrerte ferromagnetar' med såkalla pyroklorgitter av dysprosium- eller holmium-ion. Ved aukande temperatur eksiterer systemet til tilstandar som ein kan beskrive som 'delokaliserte nord- og sør-polar'.

Referansar

1. P. Dirac: *Quantised Singularities in the Electromagnetic Field*. Proc. Roy. Soc. **A133**, 60 (1931)
2. J. M. Leinaas: *Magnetisk ladete partikler*. Fra Fysikkens Verden, **38**, nr. 4, 78 (1976)
3. K. A. Milton: *Theoretical and experimental status of magnetic monopoles*. Reports on Progress in Physics, **69**, 1637 (2006)
4. D. J. P. Morris et al.: *Dirac Strings and Magnetic Monopoles in the Spin Ice Dy₂Ti₂O₇*. Science, **326**, 411 (2009)
5. T. Fennell et al.: *Magnetic Coulomb Phase in the Spin Ice Ho₂Ti₂O₇*. Science, **326**, 417 (2009)
6. S. T. Bramwell et al.: *Measurements of the charge and current of magnetic monopoles in spin ice*. Nature, **461**, 956 (2009)

Fra Fysikkens Historie

Henrik Lund portretterte fysikere

Kunstneren Henrik Lund besøkte Albert Einstein i 1932 for å tegne ham. Einstein trivdes svært godt under besøket og skrev samme kveld et særdeles hyggelig brev til Lund. Dette brevet satte meg på sporet av et lite kjent prosjekt som Lund arbeidet med i årene 1932–33: Han tegnet og laget raderinger av flere av Europas fremste vitenskapsmenn, deriblant flere fysikere.

Portrettmester

Henrik Lund var født i Bergen i 1879. Han ble i 1899 elev ved Harriet Backers malerskole og var deretter en kort tid elev hos Johan Nordhagen i raderklassen på Tegnerskolen. Lund likte imidlertid å se på seg selv som selvlært. Han ble etter hvert et sentralt medlem av en gruppe malere som fikk tilnavnet ”ny-impresjonister” fordi de benyttet et fritt formspråk kombinert med bruk av sterke farger.

Det feltet Lund behersket best, var portrettmaling. Her viste han seg som en mester, og han hadde en egen evne til å komme i kontakt med dem han skulle portrettere. Han var interessert i menneskenes vesen og la hele sin oppfatning av personen inn i maleriene. Det var derfor viktig å skape et rom hvor kunstner og modell slappet av og kom i god kontakt med hverandre; eller som Pola Gauguin uttrykte det i 1931: ”Henrik Lunds kunstneriske innstilling bygger på å være på tomannshånd med sitt motiv og se på det rent maleriske og oppfatte det helt intuitivt.” Oppmerksomheten i maleriene hans er konsentrert i ansiktene, mens omgivelsene ofte er oppløst i lette, skiftende penselstrøk. Dette hadde Christian Krohg bemerket allerede i 1911: ”Han maler med vilje ikke den enkelte form altfor tydelig, for ikke å svække den koloristiske musik.”

Henrik Lund var dessuten en fremragende grafiker og var også på dette området kjent for sine treffende portretter.

Våren 1932 planla Henrik Lund å reise i Europa for å tegne noen av verdens fremste vitenskapsmenn. I samarbeid med Lars Vegard, professor i fysikk ved Universitetet i Oslo, valgte han ut en del aktuelle kandidater, og Vegard utstyrte Lund med anbefalingsbrev. Etter reisen skulle Lund bruke tegningene til å lage grafiske blad med portrettene til 14

vitenskapsmenn. Ved å selge mapper med raderingene håpet han å rette opp sin skakkjørte økonomi. Lund trengte imidlertid økonomisk hjelp for gjennomføre prosjektet, noe han fikk av direktørene Axel Aubert (Norsk Hydro), Andreas Falkenberg (Bærumsbanen) og Alfred Holter (Dalen Portland Cementfabrik) samt professor i historie, Jacob S. Worm-Müller.

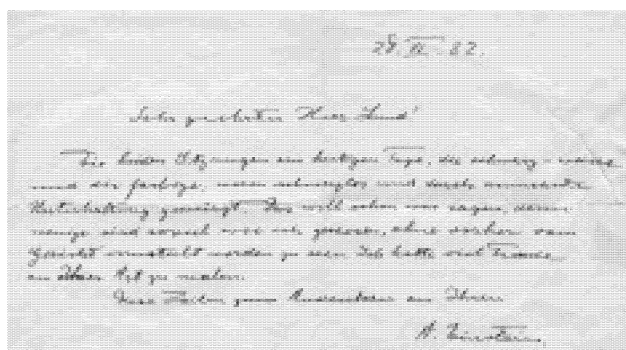
Besøk hos Einstein

Søndag 26. juni 1932 startet Lund på reisen, og dagen etter var han fremme i Berlin. Den 28. juni satte han kursen mot Einsteins sommerhus i landsbyen Caputh. Besøket hos Einstein ble svært hyggelig; som vanlig greide Lund å skape en trivelig atmosfære. En opprømt Lund skrev dagen etter hjem til Worm-Müller og fortalte: ”Først lavet jeg min tegning til raderingen og da den vakte vild jubel over hele linjen, fik jeg mot til aa spørge ham om muligheten for aa sitte for et maleri. Denne dag er Deres, sa han, men har De malersaker med?”

Lund hadde ikke med seg malersaker siden han var på reise for å tegne. Her gjaldt det imidlertid å handle raskt, og han for av gårde til Postdam som lå en halvtime borte. Her fikk han i hui og hast ordnet med lerret og malersaker og var snart tilbake hos Einstein. Igjen ble det tid til munter passiar mens Einsteins portrett ble festet til lerretet. Sin vane tro gjorde Lund seg ferdig med maleriet der og da, og klokken 18 kunne han signere: ”Henrik Lund. Caputh 28-6-32.”

Det hadde vært en strålende dag hjemme hos fysikeren som var kjent for å ha beskrevet universet som et firedimensjonalt tid-rom. Lund oppsummerte besøket i brevet til Worm-Müller: ”Man skulde tro der var en 5te dimensjon og den maatte i saafald kaldes begeistring. Tro nu ikke at jeg er blit stormansgal, men det var morsomt. Han skrev fluksens to breve, et til Bosch og et til Prof. Planck som inneholdt hans syn paa mig og mit maleri og min tegning, og efter de kan vel de høie herrer neppe vegre sig, faar jeg haabe.”

Ikke bare hadde Lund fått male Einstein, han var også blitt utstyrt med gode anbefalingsbrev til to av vitenskapsmennene han ville tegne. Møtet med den norske kunstneren hadde satt Einstein i godt humør, og samme kveld skrev han et brev til Lund hvor han takket for den hyggelige dagen de hadde tilbragt sammen:



28. VI. 32.

Høyst ærede herr Lund!

Begge [modell]sittingene i dag, den sort-hvite og den fargede, var smertefrie og krydret med underholdende samtaler. Det sier ikke så lite, for få har sittet så mye som jeg har uten først å ha blitt dømt av en domstol. Jeg hadde stor glede av Deres måte å male på.

Disse linjer for at De skal huske Deres

A. Einstein.

Før Lund reiste fra Berlin tegnet han også Max Planck og Carl Bosch. Etter dette laget han ikke flere portretter før han reiste hjem til Norge.



Niels Bohr (1885–1962)

"De bedste videnskapsmenn jeg kan få fat i"

Da sommeren var over skrev Lund den 31. august til Niels Bohr og avtalte å møte ham i slutten av september. Som vanlig greide Lund å skape en god atmosfære, og Bohr skrev senere til Lund at besøket hadde gledet både ham selv og hans hustru. Fra København gikk turen videre til Paris, og den 2. oktober skrev Lund til Jacob Christensen i Bergen: *Som du kanskje har hørt holder jeg paa*



Louis de Broglie (1892–1987)

med en mappe raderinger av 12 av de bedste videnskapsmenn jeg kan faa fat i. Jeg er ferdig med Einstein, Prof. Planck og Niels Bohr. Nu kommer turen til Calmette, Madame Curie og Louis de Broglie i Paris... Jeg blir her i 4 à 5 dage og reiser da over til London hvor jeg blandt anden skal radere Lord Rutherford, Sir William Bragg, Sir J. J. Thomsen og Marconi (ifald han er der nu).



Marie Curie (1867–1934)

Oppholdet i Paris og turen til London gikk etter planen, og den 15. oktober var Lund hos Rutherford og skrev samme dag til Bohr: "I dag var jeg hos Lord Rutherford hvor jeg tror at jeg var heldig med tegningen. Det var et overordentlig interessant møte." Snart hadde han truffet alle han skulle tegne i London med unntak av Guglielmo Marconi. Den 20. oktober skrev han til Worm-Müller: "Mappen er ferdig!!! Kommer hjem om 8 dage."

Lunds påstand om at mappen var ferdig må tas med en klype salt; det ser ut til at fire personer manglet i forhold til den opprinnelige planen. Det gjaldt foruten Marconi også Henry Ford, Marcus

Wallenberg og Andrew W. Mellon. Dette er antagelig grunnen til at Lund inkludere to nye personer i den endelige mappen. Den ene nykommeren var den svenske oppfinneren og nobelpristageren Nils Gustaf Dalén, den andre var professor Lars Vegard. Valget av Vegard kan tyde på at Lund trengte en reserve som var enkel å få tak i. Dessuten er det nærliggende å se på dette valget som en takk til Vegard for hjelpen med anbefalingsbrev.

De 12 som ble radert er:

- *Niels Bohr* (1885–1962),
kjent for arbeider i atom- og kvantefysikk.
- *Carl Bosch* (1874–1940),
kjent for arbeider innen høytrykkskjemii.
- *William Bragg* (1862–1942),
kjent for arbeider om røntgenstråler.
- *Louis de Broglie* (1892–1987),
innførte partiklers bølgenatur i fysikken.
- *Leon Calmette* (1863–1933),
utviklet BCG-vaksinen.
- *Marie Curie* (1867–1934),
kjent for arbeider om radioaktivitet.
- *Gustaf Dalén* (1869–1937),
oppfinner og industrileder (AGA).
- *Albert Einstein* (1879–1955),
mest kjent for relativitetsteorien.
- *Max Planck* (1858–1947),
innførte kvantebegrepet i fysikken.
- *Ernest Rutherford* (1871–1937),
innførte en ny atommodell.
- *Joseph John Thomson* (1856–1940),
oppdaget elektronet.
- *Lars Vegard* (1880–1863),
kjent for arbeider innen røntgen og nordlys.

Av disse var det kun to som ikke var nobelpristagere, Leon Calmette og Lars Vegard.

Økonomisk fiasko

Arbeidet med å overføre tegningene til metallplatene tok imidlertid tid. Mappen som etter planen skulle være ferdig til jul i 1932, ble ikke ferdig før i juni 1933. Det ble laget to serier av raderingene. En serie på 40 og en på 100, de siste med stålsatte plater. Alle trykkene var nummererte og signerte. Prosjektet utviklet seg imidlertid til et økonomisk



Lars Vegard (1880–1963)

mareritt for Lund og interessentene. Prisen for mappene var antagelig for høy, og dessuten hadde den økonomiske depresjonen satt inn for alvor. Under et besøk i USA høsten 1935 hadde Lund tegnet ytterligere fem vitenskapsmenn og håpet at dette ville øke interessen for mappen i USA. Han fikk imidlertid aldri realisert den delen av prosjektet, da han døde 23. desember 1935. Det ser ut som kun ett eksemplar av mappen var solgt da.

De økonomiske problemene knyttet til kunstmappen ble først løst i 1937. Da godtok interessentene en løsning hvor hver av dem fikk 4–5 av Lunds malerier. Axel Aubert fikk maleriet Lund hadde laget av Einstein, og etter Auberts død i 1943 ble maleriet gitt i gave til Det norske Videnskaps-Akademi. Henrik Lunds raderinger av vitenskapsmenn er i dag nærmest glemte og er vanskelige å få tak i.

Takk

Takk til Helge Rønnevig Johnsen som har stilt Einsteins brev til Lund til disposisjon, og til Det norske Videnskaps-Akademi som har gitt tillatelse til å avfotografere maleriet. I tillegg til disse vil jeg rette en spesiell takk til lederen av Niels Bohr Archive, Finn Aaserud, som har vært behjelpelig med å fremskaffe brevene Lund og Bohr utvekslet.

Referanser

1. Nils Voje Johansen: *Einstein i Norge*, 2. utvidede utgave. Res Publica, Oslo (2010)
2. Pola Gauguin: *Henrik Lund*. Gyldendal, Oslo (1931)

Nils Voje Johansen
Matematisk institutt, UiO

Hva skjer

Fysikkevalueringen 2009

Forskningsrådet gjennomførte i 2009 en evaluering av grunnforskningen i fysikk i Norge. Rapporten, *Basic Physics Research in Norway*, ble offentliggjort 15. februar, og er tilgjengelig på Forskningsrådets nettsider. I motsetning til forrige evaluering, ble denne utført på gruppenivå, ikke på individnivå.

Arbeidet ble utført av et internasjonalt ekspertpanel med Bengt Gustafsson (astrofysikk, Uppsala) som leder. Medlemmene forøvrig var: Nils O. Andersen (atomfysikk, København), Elisabeth Bouchaud (materialfysikk, CEA), Sandra Chapman (plasmafysikk, Warwick), John Ellis (partikkelfysikk, CERN), Hans Hertz (biofysikk, Stockholm), Emanuele Rimini (strukturfysikk, Catania). (De faglige profiler, representert ved stikkord, er mine, og ikke utfyllende.)

Hvorfor foretas en slik evaluering?

Det primære må være å gi Forskningsrådet "ammunisjon" i sitt arbeid for å øke bevilgningene til grunnforskning. Et nødvendig "lemma" er at evalueringen gir en plausibel rangering av gode og mindre gode miljøer. Denne rangeringen kan (og bør!) brukes som rettesnor ved fordelinger av knappe ressurser.

I evalueringsprosedyren inngikk blant annet følgende elementer: En selvevaluering og fakta-innsamling (via institusjonene) i april 2009, en profesjonell bibliometrisk analyse utført av NIFU-STEP (Norsk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning), høringer i Forskningsrådet i september (med fokus på SWOTs: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats), besøk ved institusjonene i september-oktober, og faktasjekk i desember 2009.

Komiteens funn

Komiteen fant at kvaliteten på fysikkforskningen i Norge er stort sett bra, men variert. Den er blitt mye bedre i løpet av det siste tiåret, siden forrige evaluering. Dette kan skyldes større bruk av internasjonale eksperter for bedømmelse av søknader (undertegnede betraktning).

Men *omfanget* av grunnforskningen i fysikk i Norge er fortsatt beskjedent, omtrent halvparten

av tilsvarende forskning i våre naboland. Dette er noe *vi* visste, men vet bevilgende departementer det? Eller tror de at mye av den anvendte forskningen som bedrives, og som er viktig for landets økonomi, også er grunnforskning? Ifølge NIFU-STEP-analysen bidrar Norge bare med 0,3 % til verdens publikasjoner i fysikk, mens vi bidrar med 0,6 % til summen av alle disipliner. Fysikkens relative posisjon er desverre heller ikke blitt bedret i løpet av siste tiårsperiode.

En annen hovedkonklusjon er at det er mye fragmentering i fysikkforskningen her i landet, med mange en-manns grupper (undertegnede representerer en av disse). Dette er vel også noe vi visste, men som det er vanskelig å gjøre mye med.

Det observeres mange steder en mangel på strategier, og mangel på mobilitet. Mange har tilbrakt hele sin akademiske karriere ved samme institusjon.

Komiteens anbefalinger

En hovedanbefaling er at *frie midler* bør økes signifikant. Komiteen anbefaler videre at Norsk fysikkråd tar mer ansvar for koordinering. Men, en sitter igjen med en følelse av at mange av de foreslåtte restruktureringene kan bli vanskelige å gjennomføre siden universitetssystemet har så mye treghet og irreversibilitet i seg: Man kan ikke kjøpe og selge vitenskapelig personale på spotmarkedet!

En tilsvarende evaluering av kjemi ble foretatt for et par år siden. Den påviser også en underfinansiering og underbemanning. Det er nok ikke bare fysikk som bør styrkes i Norge!

La meg avslutte med en hyllest til de grupper som fikk toppkarakter:

- Universitetet i Bergen: Romfysikk
- NTNU: Biofysikk og medisinsk teknologi, Teoretisk faststoff-fysikk
- Universitetet i Oslo: Fysikalsk elektronikk, Senter for geologiske prosessers fysikk (PGP), Eksperimentell partikkelfysikk, Solfysikk

Jeg anbefaler at man leser originalrapporten som finnes på: <http://www.forskningsradet.no/no/Publikasjoner/1178189826923>

Per Osland
president i NFS

Respons på fysikkevalueringen

FFV har bedt lederne for de fysiske instituttene som er blitt evaluert om å svare på følgende spørsmål:

1. Hva synes dere om evalueringen av fysikkforskningen i Norge?
2. Hvilke implikasjoner har den, eller bør den ha, for deres institutt?

Vi har mottatt følgende svar:

Fysisk institutt, Univertsitetet i Oslo (UiO)

1. Enhver faglig vurdering av en forskningsvirksomhet vil være farget av vurderingskomiteens faglige sammensetning, mandatet til komiteen, tiden den har til å sette seg inn i materialet, omfanget av materialet og eventuelle personlige preferanser/motforestillinger hos medlemmene av komiteen. Den foreliggende evalueringen utgjør ikke noe unntak i så måte. Den inneholder noen klare feil og en del mangelfulle beskrivelser, og komiteen har i tillegg formelle problemer knyttet til habilitetsforhold. Men rapporten dokumenterer også komiteens vilje til å sette seg inn i forholdene, gjøre faglige analyser og strategiske diskusjoner, og en positiv og uttrykt ambisjon om å hjelpe institusjonene til å styrke sine virksomheter. I forhold til den forrige fagevalueringen fra Forskningsrådet er det resultatet som foreligger nå meget bedre. I tillegg har selve prosessen vært langt mer tilfredsstillende.

Instituttet ser av den bibliometriske analysen at vi står for en forholdsmessig betydelig større andel av publikasjoner og siteringer enn størrelsen alene skulle tilsi. Vi er glade for at vi også gjennom tallenes klare tale framstår som et ledende fysikk-institutt i Norge. Kvalitativt har hele 5 av de 11 miljøene som er diskutert fått toppevaluering (5 eller 4-5, 5 = excellent), og ingen har fått under karakteren 3 (= good). Komiteen sier at "*The mean standard of research at the Physics Department (at UiO) is high.*" Helhetlig sett mener instituttet at "Evalueringen har tatt temperaturen på instituttet med rimelig bra resultat og forholder seg til det" i det videre oppfølgingsarbeidet.

2. Det viktigste i denne sammenhengen er hvordan Forskningsrådet følger opp evalueringsrapporten. Det er nedsatt et oppfølgingsutvalg, og arbeidet der har såvidt kommet igang. Forskningsrådet setter av noen midler til rådighet for omstillingstiltak o.l. i henhold til det som framkommer i

oppfølgingsutvalgets rapport. Fysisk institutt ved UiO vil vurdere hvert enkelt tiltak som foreslåes av evalueringskomiteen i lys av sine egne strategier og ressurser ved sine innspill til oppfølgingsutvalget. Konstruktive forslag vil ha autoritet i kraft av opphavet hos Forskningsrådet. Eventuelle anbefalinger tatt på sviktende grunnlag vil bli tilbakevist, men kan allikevel gi insitamenter til alternative tiltak. Instituttet vil la alt dette inngå i sin egen strategiske plan for virksomheten framover.

Einar Sagstuen

∞

Institutt for teoretisk astrofysikk (UiO)

1. Dette var en godt gjennomført evaluering, mye mer solid enn den som ble utført i 2000. Evalueringskomiteen har funnet omtrent det rette detaljnivå ved å holde seg til gruppennivå, og ikke gå ned på enkeltforskernivå. Det virker også som om det har vært en godt sammensatt komite.

2. For det første sier fysikkevalueringen at Institutt for teoretisk astrofysikk er et sterkt, internasjonalt ledende senter som gjør det ekstraordinært bra på alle bibliometriske indikatorer. Videre sier evalueringen at instituttet i sin helhet bør bli, eller bli del av, et senter for fremragende forskning. Denne høye kvaliteten kommer i stor grad av våre strategiske valg der vi har konsentrert forskningsaktiviteten i to hovedområder. Men samtidig stiller evalueringen spørsmål om bredden nå er blitt i minste laget, og anbefaler oss å utrede muligheten for å øke bredden i de nåværende gruppene eller å opprette et tredje fagområde.

Det er hyggelig å få ros, men vi må selvfølgelig bruke dette til å fastslå hvorfor vi gjør det godt, og bygge videre på det. Vi håper dette også kan være noe som kan brukes positivt f.eks. i forbindelse med en SFF-søknad. Samtidig vil vi se nærmere på anbefalingene om øket bredde. Evalueringskomiteen er opptatt av at faget astronomi/astrofysikk bør øke i volum i Norge, også ved utbygging ved andre universiteter enn ved UiO. Dette ville kunne skje i sammenheng med norsk medlemskap i *European Southern Observatory* (ESO). Om det er noen realisme i mulighetene til å følge opp disse anbefalingene, er noe vi må se nærmere på under arbeidet med den nasjonale oppfølgingsplanen.

Per Barth Lilje

∞

Institutt for fysikk og teknologi (IFT), Universitetet i Bergen (UiB)

1. Kvalitet i egen forskning kan best vurderes av eksterne fagfeller. Det er et grunnleggende prinsipp som også gjør de internasjonale fagevalueringene både viktige og velkomne. Rapporten fra fysikk-evalueringen 2009 vitner om at komiteen har gjort et grundig arbeid i forhold til klassisk fysikk der det på flere områder er fremgang å spore fra den forrige evalueringen for 10 år siden, men der det også er utfordringer som stor variasjon i kvalitet, fragmenterte miljøer og for lite mobilitet.

En første implikasjon er at rapporten blir et viktig verktøy i arbeidet med å lage ny strategiplan som nå er i startgropen ved IFT i Bergen. Ved flere av instituttene peker rapporten nettopp på manglende strategier og planer for faget. Den etterlyser imidlertid større volum på grunnleggende fysikkforskning i Norge (rapporten fra kjemievalueringen gav tilsvarende anbefalinger), noe som erfaring har lært oss ikke er spesielt sannsynlig trass i løfter om MNT-satsning. Når vi samtidig nettopp har fått dokumentert at vårt handlingsrom av ulike årsaker er redusert trass i økte bevilgninger til sektoren, så er det utfordrende å følge opp en strategiplan med handling. Forskningsrådets oppfølging av evalueringen blir her viktig. Utfordringene knyttet til fraksjonering er forhold der rapporten gir instituttledelsene legitimitet til nye løsninger både internt ved instituttene, og nasjonalt innen de forskjellige fysikkområdene.

2. Institutt for fysikk og teknologi ved UiB har gjennom de siste 30 årene gått fra å være et klassisk fysikkinstitut til nettopp å bli et institutt for fysikk og teknologi med stort fokus på industrielle anvendelser av fysikk. Det største ankepunktet mot rapporten fra vår side er at også disse aktivitetene blir vurdert mot grunnforskning i fysikk. Det er ikke en kritikk mot komiteen, men det gjør at ikke alle vurderingene og anbefalingene i rapporten har like stor tillit. Dette kan forklare noe av den påpekte variasjonen i kvalitet.

Geir Anton Johansen

∞

Institutt for matematiske realfag og teknologi, Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB)

1. Evalueringen denne gang opplevdes langt mer relevant enn den som ble gjort i 2001 når man først

skal utføre en fagspesifikk evaluering. For UMB sin del foregår forskningen i stor grad tematisk og på tvers av fagdisipliner som fysikk, kjemi og biologi. Dette gjorde det vanskelig for fagutvalget å evaluere flere av forskningstemaene. For faggruppene innen biofysikk og fornybar energiteknologi ble det spesielt påpekt at det ikke var mulig å evaluere disse innen de strenge fysikkrammene som lå i komiteens mandat. Vårt innspill til Forskningsrådet blir å forsøke en annen vinkling enn den strengt disiplinorienterte ved neste evalueringsrunde.

2. Faggruppen for fysikk sin vekst de siste årene har vært innen feltene biofysikk (beregningsorientert og eksperimentell) og fornybar energiteknologi (eksperimentell). Dette ønsker vi å videreføre også i den overskuelige fremtid. Når det gjelder den eksperimentelle delen av forskningen har komiteen en rekke kommentarer. Manglende infrastruktur i form av avansert vitenskapelig utstyr trekkes konkret fram som en negativ faktor – spesielt for fornybar energiteknologi, men også for biofysikk. Sett i lys av gruppens målsetning om vekst innen disse feltene bør dette styrkes. Det oppleves som svært uheldig at den årlige, øremerkede bevilgningen fra Forskningsrådet til vitenskapelig utstyr ved de enkelte institusjonene falt bort i 2009. Dette gjør det vanskeligere både å bygge opp og vedlikeholde infrastruktur i form av høykvalitets vitenskapelig utstyr – noe som er en forutsetning for å utføre forskning på et høyt internasjonalt nivå. Vi oppfordrer Forskningsrådet på det sterkeste til å gjeninnføre ordningen!

Espen Olsen

∞

Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Tromsø (UiT)

1. Det er alltid nyttig å bli evaluert av eksterne eksperter dersom evaluatorene innehar innsikt og kunnskap på ens fagområde. Da kan en ha håp om at en evaluering gir relevante råd som kan styrke institusjonene. For vårt institutt hvor ca. halvparten av de ansatte er involvert i teknologisk forskning, så har imidlertid sammensetningen av evalueringskomiteen ikke vært særlig gunstig. Den åpenbare mangelen på innsikt og kompetanse i teknologisk forskning svekker troverdigheten til deler av rapporten.

2. Evalueringen peker på noen områder hvor det interne samarbeidet har forbedringspotensial. Vi vil

søke å styrke det interne samarbeidet og konsolidere aktiviteten ved de to største forskningsgruppene ved instituttet.

Alfred Hanssen

∞

Institutt for matematikk og naturvitenskap, Universitetet i Stavanger (UiS)

1. Fagmiljøet ved UiS er generelt fornøyd med evalueringsprosessen, både i planleggings-, gjennomførings- og sluttfasen. Dialogen med evalueringskomiteen var god både under høringsmøtene og under instituttbesøket. Vi mener at komiteen, på tross av formidabelt informasjonsomfang, har greid å belyse de viktigste sidene ved fysikkforskningen ved vår institusjon på en tilfredsstillende måte, og at evalueringsrapporten danner et godt grunnlag for videre utvikling av faget.

2. Evalueringen vil som kjent bli fulgt opp av et eget utvalg i regi av Forskningsrådet. Her er også UiS representert. Oppfølgingsutvalget vil også gi råd til instituttet basert på evalueringsrapporten. Vi imøteser disse som viktige innspill i strategiarbeidet som nå foregår.

Bjørn Helge Hjertager

∞

Universitetssenteret på Svalbard (UNIS)

1. Vi synes absolutt at evalueringen er både viktig og nyttig. Vår gruppe arbeider innenfor høyt spesialiserte fagområder knyttet opp mot unike observasjonsmuligheter på Svalbard, men har likevel godt av å bli målt mot forskergrupper andre steder. Vi er godt fornøyd med hvordan vi kom ut, selv om det også påpekes forbedringspotensial.

2. For vårt fagmiljø er fysisk vekst et hovedanliggende. Vi har unike instrumenter, en høyt kvalifisert stab og en langsiktig strategi om hvor vi vil, men vi er samtidig få mennesker som strever med å holde det hele sammen. Vi er vesentlig under det som kalles kritisk masse og er altfor sårbare med hensyn til svingninger. I den andre enden har vi et stort potensial her oppe som vi veldig gjerne skulle realisert.

Gunnar Sand

∞

Institutt for fysikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

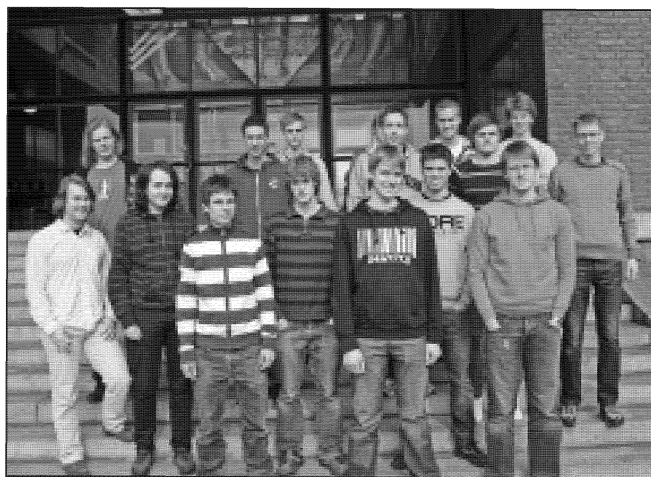
Institutt for fysikk ved NTNU arbeider for tiden med å legge ny strategiplan for perioden 2010–2015. Instituttet har bedt sine seksjoner om å komme med innspill til både strategiplan og evalueringsrapporten. Innspillene fra disse vil tas med i det videre arbeidet med strategiplan. Styret ved instituttet har påpekt at kommentarene fra evalueringsrapporten bør tas på alvor.

Asle Sudbø

∞

Fysikkolympiaden 2010

Den norske finalen i fysikkolympiaden for elever i videregående skole ble avholdt fredag 26. mars med 16 deltakere fra hele landet. For å komme med i finalen hadde disse elevene vært gjennom to uttakningsrunder. I første runde deltok 722 elever fra 92 skoler. Oppgavene var som vanlig utfordrende nok, og de som hadde 12 poeng av 23 mulige, fikk tilbud om å delta i andre runde. Bestemann var Jonas T. Kjellstadli fra Arendal vgs., og han fikk alt riktig!



Deltakerne på treningskurset for fysikkolympiaden.

I andre runde deltok 70 elever. Dette er en tre timers prøve som nok er en del vanskeligere enn den i første runde. Kravene til begrunnelser er også strengere her. Beste mann var Sindre Pemmer Aalen fra Knarvik vgs. De med 13 poeng eller mer ble invitert til kurs på Universitetet i Oslo og norsk finale.

Finalekurset ble avholdt fra 22. til 26. mars. Dette kurset er svært omfattende og intenst. Her

gjennomgår vi i rask rekkefølge en rekke temaer som ikke er med i norsk skolefysikk. På programmet sto imidlertid ikke bare forelesninger, laboratorieøvelser og oppgaveløsning, men også et populærforedrag hver dag, sosiale tilstelninger, omvisning og orienteringer om studier ved Universitetet i Oslo.

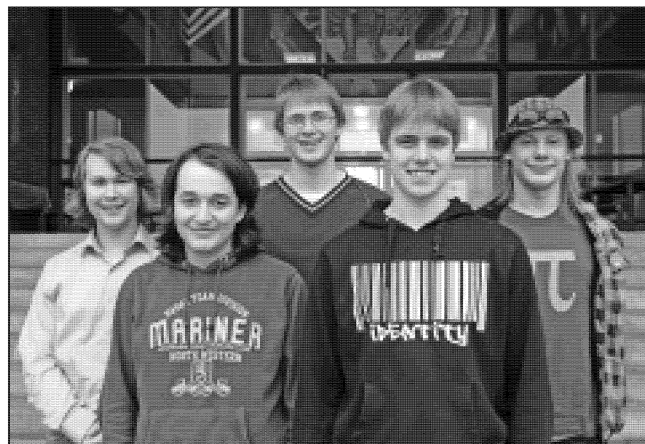
Flere av deltakerne har sendt oss hyggelige tilbakemeldinger. Her er et utvalg:

- *Må rose for veldig hyggelig opphold, og mange interessante populærforelesninger. Alle var veldig oppdaterende på hva vi fortsatt ikke vet, men det jeg synes hadde vært utrolig spennende, ville vært å høre en strengteoretiker forklare ting og tang, i tillegg til standardteoretikeren! På det rent faglige vil jeg si at det var veldig innbringende å lære, og godt forklart.*
- *Jeg synes at finaleuken var en morsom uke. Jeg synes undervisningsopplegget var bra, litt hardt noen dager, men slik bør det gjerne være i en finaleuke. Jeg synes at knallforelesningene var et bra bidrag. De var engasjerende og jeg fikk bedre innsikt i hva en fysiker gjør.*
- *Alt i alt er jeg strålende fornøyd med uken på Blindern. Jeg har kommet et hestehode videre både i forståelse for matematikken og i detaljkunnskap. De populærvitenskapelige forelesningene og samtale med studentene der ga meg mer oversikt over hva jeg faktisk har lyst til å drive med i fremtiden, og hva jeg da bør studere. I tillegg var det veldig hyggelig å møte folk med samme interesser, og det ble en trivelig uke sosialt også.*

De fem beste i den norske finalen ble: Espen Auseth Nielsen fra Adolf Øiens vgs., Trondheim, Karl Erik Holter fra Stabekk vgs., Robert Hagala fra Bergen katedralskole, Jonas Kjellstadli fra Arendal vgs., og Tobias Grøsfjeld fra Porsgrunn vgs.

Den internasjonale finalen skal i år foregå i Zagreb i Kroatia i slutten av juli. Finalen består av to konkurransedager, en med teorioppgaver og en med eksperimenter. De andre dagene oppholdet varer, er det ulike sosiale og kulturelle arrangementer, sightseeing og ekskursjoner.

Vi som er ledere (Carl Angell og Eirik Gramstad fra Fysisk institutt, Universitetet i Oslo) vil være engasjert i internasjonale møter om oppgavene, oversetting av oppgavetekster til norsk, retting av våre elevers besvarelser og til slutt "moderasjon", det vil si møter og diskusjoner med de offisielle sensorene som har rettet våre elevers oppgaver.



Vinnerne av treningskurset er fra venstre foran: Karl Erik Holter, Espen Auseth Nielsen, Robert Hagala, Jonas Kjellstadli og Tobias Grøsfjeld.

Til slutt et lite tankekors: Verken i år eller i fjor var det med noen jenter i den norske finalen i fysikkolympiaden. Det er vi ikke fornøyd med. Jentene utgjør nesten 30 % av de som tar Fysikk 2, altså fysikk i 3. klasse, og noen av disse burde jo ha vært med! Dette er en utfordring for fysikklærerne: Dere må oppmuntre jentene til å delta i fysikkolympiaden i større grad enn de gjør i dag!

Den norske deltagelsen er støttet av Forskningsrådet og Kunnskapsdepartementet.

Mer om fysikkolympiaden med oppgaver og resultater, finnes på våre nettsider:

<http://www.fys.uio.no/skolelab/fysikkol/>.

Carl Angell

∞

Nordisk fysikermøte i Helsinki

I 2009 ble et første Nordisk fysikermøte organisert i København. Et nytt møte i denne rekken planlegges nå i Helsinki, 29–31. mars 2011. Mer informasjon vil komme senere.

Per Osland

∞

Bokomtale

Jerry Griffiths og Jiří Podolský: *Exact Space-Times in Einstein's General Relativity*. Cambridge University Press, 2010. ISBN 978-0-521-88927-8 (525 sider), £ 75,00, \$ 125,00.

Eksakte løsninger av Einsteins likninger med fysisk betydning

Tyngdeloven til Isaac Newton er en vakker, enkel og overbevisende idé. Gravitasjonsvirkningen fra en massiv kilde brer seg utover og fordeler seg over stadig større flater i rommet omkring kilden. Tyngdekraften avtar med avstanden på samme vis som intensiteten fra en lyskilde blir svakere. I Newtons teori greier en å finne den nøyaktige løsning for to legemer som beveger seg omkring det felles tyngdepunkt. Men allerede tre-legeme-problemet representerer en nærmest uoverkommelig matematisk utfordring. Gjerne kan det bare løses tilnærmet ved bruk av datamaskiner med veldig regnekraft.

Newtons gravitasjonsteori holdt stillingen i noen hundre år. Den måtte først gi tapt 25. november 1915, da Albert Einstein lanserte sin nye relativistiske gravitasjonsteori. Denne teorien betydde en mye dypere filosofisk forståelse av gravitasjonsfenomenet. Tyngdekrefter ble erstattet av en geometrisk vridning og krumning av selve strukturen til tid og rom. Energifordelingen bestemte geometrien, mens materien måtte følge helt bestemte veier gjennom rommets og tidens geometri.

Men om Einsteins teori er skjønn (og derfor sann?), innebærer den matematisk hodepine som er enda verre enn Newtons teori. Forskerne som sysler med matematisk fysikk, har ikke engang greid å finne en eksakt løsning på to-legeme-problemet. Likevel har tapre og flittige teoretikere på godt og vondt funnet fram til en mengde forslag til presise løsninger av Einsteins feltlikninger. Spørsmålet er bare om alle disse tilbudene svarer til skikkelige fysiske løsninger.

Nå foreligger et mektig verk som drøfter et solid utvalg av de eksakte løsninger. Boka med tittelen: *"Exact Space-Times in Einstein's General Relativity"*, er skrevet av de aktive forskerne Jerry Griffiths og Jiří Podolský. Da var det vel ikke annet å forvente enn at deres egne arbeider har fått særdeles bred omtale. Men jeg erfarer også at forskningen til mine gode venner Jiri Bičák og William B. Bon-

nor har en meget sentral plass. Sistnevnte er jo en ganske utrolig produktiv vitenskapsmann. Han går nå i sitt nittiende år, men publiserer fremdeles i beundringsverdig tempo.

Det finnes allerede to store og grundige bøker der forskjellige eksakte løsninger av Einstein-likningene er samlet. Det er boka *"Exact Solutions of Einstein's Field Equations"* (Second Edition) av avdøde Hans Stephani og medforfattere og boka *"Inhomogeneous Cosmological Models"* av Andrzej Krasinski. Den nye boka skiller seg fra de to ved at den på langt nær tar for seg så uhorvelig mange løsninger, men gjør desto mye mer utav de løsningene som blir behandlet. For det rår egentlig ingen mangel på eksakte løsninger. Men det er slett ikke avgjort hvilken betydning enhver løsning har, eller om den er meningsfylt i hele tatt.

Her møter vi selvsagt de klassiske løsningene til Friedmann-Lematre-Robertson-Walker for den globale strukturen og tidsutviklingen til det univers vi befinner oss i. Den ytre Schwarzschild-løsningen er høyaktuell som en introduksjon til svarte hull. Her omtales også motstykket hvite hull. Forfatterne generaliserer denne løsningen til å inkludere netto elektrisk ladning og løsninger med vakuumenergi. Siden alle stjerner sender ut stråling, er det på sin plass at Vaidyas løsning tar vare på strålingsfenomenet. Forfatterne behandler flere typer aksesymmetriske løsninger og løsninger som representerer bølger.

Mange av de objekter vi finner i universet, har ikke bare energi og masse, men er også utstyrt med spinn. Likevel varte det nesten et halvt hundre år før løsningen for svarte hull ble generalisert til å inkludere rotasjon. Merkelig nok viser det seg utrolig vanskelig å finne en eksakt løsning for et roterende objekt som kan skjøtes sammen med denne ytre såkalte Kerr-metrikken for et svart hull.

Særdeles spennende løsninger er de som tillater rundreiser i tid og rom der den reisende ender opp i fortiden. Dette gjelder den kosmologiske modellen til den eminente matematiker Kurt Gödel og løsningen til van Stockum med en uendelig lang stivt roterende sylinder.

Alt i alt er denne boka et rikt skattkammer for den som vil skaffe seg intim kunnskap og detaljert oversikt over de mange mulighetene som Einstein-likningene tillater. Jeg iler med å meddele at mengden av interessante løsninger som studeres er mye større enn de få jeg her har nevnt. Det er nyttig og gledelig at denne boka nå eksisterer. Det er dessverre slik at forskningsartiklene innen-

for generell relativitetsteori er spredd utover i en nesten ugjennomtrengelig jungel av vitenskapelige journaler. Derfor er denne særdeles oversiktelige boka til Griffiths og Podolský helt nødvendig lesning og ballast for aktive forskere og viderekomne studenter som vil være med på den formidable oppgaven det er å finne fram til nye og uventede aspekter for Einstein sin gravitasjonsteori. For det er ikke nok å konstruere vakker teori. En må også utarbeide alle mulige konsekvenser av teorien, slik at den kan bli konfrontert med virkelighetens verden.

Henning Knutsen

∞

Nytt fra NFS

Nye medlemmer 4. mars 2010

Ellingsen, Odd Steinar; Kristiansand Katedralskole Gimle, Pb 1010 Lundsiden, 4687 Kristiansand

Halsan, Hanne Øien; Grefsen vgs., Morells vei 20, 0487 Oslo

Hemmen, Henrik; Institutt for fysikk, NTNU, Høgskoleringen 5, 7491 Trondheim

Ishoel, Ole Henrik; Mailand vgs., Mailandveien 24, 1473 Lørenskog

Rostamzede, Hossein; Bleiker vgs., Brages vei 1, 1387 Asker

∞

Nettverk i fysikkhistorie og filosofi

På Fysikermøtet på Røros i 2009, ble det vedtatt å opprette et nettverk i fysikkhistorie og filosofi. På styremøtet i NFS 29.09.09 ble det opprettet en styringsgruppe for nettverket med Reidun Renstrøm, Universitetet i Agder, som leder.

Naturfilosofi og fysikk er på mange vis vitenskapens mor. Store paradigmeskifter har vært knyttet til ny landvinning og ny innsikt fra fysikken. Fysikken har gode svar på de evige spørsmål: Hvordan oppsto universet? Hva opprettholder det? Hvordan ender det hele?

Mange vil hevde at det bare er i fysikken den vitenskapelige metode trer klart frem. Det er kan-

skje fordi observasjonene av fysiske fenomen og fenomenenes beskrivelse er lett skillbare. Dette gir hint om vitenskapens muligheter, men også om dens begrensninger. Den menneskelige observatørs rolle blir sterkt understreket i fysisk vitenskap og gir tanker om virkeligheten slik den fremtrer i den fysiske natur.

Vi fysikere lever et spennende liv blant aksele-ratorer, elektronikk og nanoteknologi. Det kunne være fruktbart iblant å reflektere over vitenskapens grunnvoller. Norsk Fysisk Selskap bør bidra til dan-nelse av et forum der fysikkhistorie og filosofi kan diskuteres. Innen EPS (*European Physical Society*) er det en aktiv faggruppe i fysikkhistorie, og det ville være naturlig med et samarbeid her.

Styringsgruppen vil med dette invitere inter-esserte til å ta kontakt med reidun.renstrom@uia.no

Reidun Renstrøm

∞

Trim i FFV

Løsning på FFVT 1/10

Risting av brød

Oppgaven var å bruke en "gammeldags" brødrister til å riste tre brødsiver som også skulle være påsmurt smør, på kortest mulig tid. Brødristeren kunne bare riste én side på to skiver samtidig, og hver skive måtte legges inn og tas ut manuelt. Risting av én side tar 30 s, smøring av én skive tar 12 s, og innlegging og uttaking tar 3 s. Det skulle være mulig å utføre hele prosessen på 114 s. Hvordan kunne dette gjøres? En løsning er vist i tabellen.

Sek	Pos. 1	Pos. 2	Manuell oppgave
3	1 A inn		Skive 1 side A inn
6	1A	2 A inn	Skive 2 side A inn
9	1A	2A	
12	1A 15s	2A	
15	1A	2A	
18	1A	2A	
21	1 A ut	2A 30s	Skive 1 side A ut
24	3 A inn	2A	Skive 3 side A inn
27	3A	2A	
30	3A	2A	
33	3A	2A	
36	3A	2A	
39	3A 30s	2 A ut	Skive 2 side A ut
42	3A	1 B inn	Skive 1 side B inn
45	3A	1B	Smør skive 2 A
48	3A	1B	Smør skive 2 A
51	3A	1B	Smør skive 2 A
54	3A	1B	Smør skive 2 A
57	3 A ut	1B 30s	Skive 3 side A ut
60	2 B inn	1B	Skive 2 side B inn
63	2B	1B	Smør skive 3 A
66	2B	1B	Smør skive 3 A
69	2B	1B	Smør skive 3 A
72	2B	1B	Smør skive 3 A
75	2B 30s	1 B ut	Skive 1 side B ut
78	2B	3 B inn	Skive 3 side B inn
81	2B	3B	Smør skive 1 B
84	2B	3B	Smør skive 1 B
87	2B	3B	Smør skive 1 B
90	2B	3B	Smør skive 1 B
93	2 ut	3B 30s	Ferdig skive 2 ut
96	1 A inn	3B	Skive 1 side A inn
99	1A	3B	
102	1A	3B	
105	1A 15s	3B	
108	1A	3B	
111	1A	3 B ut	Ferdig skive 3 ut
114	1 ut		Ferdig skive 1 ut

FFVT 2/10

Kappløp

Ei jente og en gutt løper 100 m om kapp. Jenta vinner og krysser målstreken når gutten er 5 m bak henne. I et nytt kappløp velger jenta å starte 5 m bak gutten slik at hun må løpe 105 m. Hvis begge løper med samme fart som i første løpet, hvem krysser da mållinjen først – eller blir det uavgjort?

∞

Nye Doktorer

Tore Birkeland



Tore Birkeland disputerte 18. desember 2009 for PhD-graden ved UiB med avhandlingen *PyProp – A Python Framework for Propagating the Time Dependent Schrödinger Equation*.

I kvantemekanikken kan ein berre seie om ein partikkel at det er eit visst sannsyn for at han er i ein gitt posisjon og har ein gitt fart. I berekningar må ein difor ta omsyn til alle moglege posisjonar ein partikkel kan ha. Dette gjer at berekningar på kvantemekaniske system kan verte så store at det vert naudsynt å nytta numeriske tilnærmingar og kraftige datamaskiner for å finne ei løysing, og det er det svært viktig å velje rett numerisk metode om problemet skal kunne løysast.

I avhandlingen si presenterer Birkeland mjukvarerammeverket PyProp som skal kunne gjere det lettare for forskarar i atomfysikk å velje dei beste numeriske metodane. I PyProp er det implementert fleire numeriske metodar, og det er mogleg å byte mellom desse for å finne fram til den beste metoden for det aktuelle problemet. For å kunne studere aktuelle problem i atomfysikk er det naudsynt å nytte dei største datamaskinane. Dette krev som regel spesiell program som kan køyre i parallell på mange mindre datamaskiner på ein gong. Ved å nytte PyProp vert parallelliseringa sterkt forenkla ved at dette programmet tek hand om all kommunikasjon mellom datamaskinane.

Arbeidet vart utført ved UiB med professorane Tor Sørøvik og Jan Petter Hansen som rettleiarar, og det vart også finansiert av UiB. Tore Birkeland arbeider nå som programutviklar i vostopia.com

∞

Ketil Røed



Cand.scient. Ketil Røed disputerte 11. des. 2009 for PhD-graden ved Universitetet i Bergen med avhandlingen *Single Event Upsets in SRAM FPGA based readout electronics for the Time Projection Chamber in the ALICE experiment*.

ALICE er et hovedeksperiment ved LHC ved CERN og er bygget for å studere kollisjoner mellom tunge ioner. Programmerbare logiske kretser er i stor grad brukt for utlesning og behandling av data fra detektorene i dette eksperimentet.

I doktorarbeidet gjør Ketil Røed bl.a. en risikoanalyse relatert til bruk av programmerbare logiske kretser i strålingsmiljøet som oppstår ved tung-ionekollisjoner. Det omfatter tester for å undersøke kretsenes følsomhet og Monte Carlo-simuleringer for å beregne hvilken type stråling, og hvor mye, kretsene vil bli utsatt for i ALICE. Beregninger viser at det er sannsynlig at funksjonelle feil vil kunne oppstå på grunn av stråling. En stor del av arbeidet har vært å utvikle og teste løsninger som begrenser omfanget av slike feil. Et viktig resultat er at løsningene som er tatt i bruk tillater anvendelse av konvensjonelle programmerbare logiske kretser i strålingsutsatte miljø. Resultatet vil kunne ha betydning for valg av elektronikk for oppgraderinger av LHC og nye eksperiment i høyenergifysikk.

Arbeidet ble finansiert gjennom en stipendiatstilling ved Høgskolen i Bergen, og er utført i samarbeid med Institutt for fysikk og teknologi, UiB. Deler av arbeidet ble utført ved IBM T.J. Watson Research Center i New York. Førsteamanuensis Kjetil Ullaland (UiB) var hovedveileder og professor Håvard Helstrup (HiB) var biveileder. Røed er nå ansatt som fellow ved CERN.

Lene Sælen



Lene Sælen disputerte 27. nov. 2009 for PhD-graden ved UiB med avhandlingen *Quantum control of strongly coupled dynamics in few component systems*.

I dette arbeidet er to ulike kvantepunkter blitt studert; sammensatte punkter som danner et to-dimensjonalt kunstig molekyl og sirkulære strukturer, kalt kvanteringer, begge med to elektroner. Gjennom kjennskap til strukturen til disse systemer viser numeriske simuleringer at det er mulig å kontrollere overgangen mellom enkelttilstander i systemet via laserpulser med nær 100 % nøyaktighet.

Evnen til å kontrollere tilstanden til systemet hurtig og presist er fundamental for muligheten til å anvende kvantepunkter i en kvantedatamaskin. Det er påvist at flere fundamentale bitoperasjoner kan utføres svært effektivt ved bruk av elektriske pulser og magnetiske felter. Arbeidet omhandler også stabilisering av elektronløse molekyler i sterke laserfelt og ionisering av H₂ i kollisjon med høyenergetiske ioner. I den førstnevnte simuleringen er det påvist at en kombinasjon av sterke laserfelt med ulikt polarisert lys kan binde positive ladninger sammen, et funn som er av betydning for laserbasert fusjon.

Numeriske algoritmer til grunnlag for arbeidet ble utviklet i samarbeid med forskere fra Institutt for fysikk og teknologi og Matematisk institutt, UiB, samt med LCPMR i Paris. Arbeidet var finansiert av Forskningsrådet, og professor Jan Petter Hansen, forsker Morten Førre og professor Alain Dubois (Paris) var veiledere. Lene Sælen arbeider nå som forsker på CMR/Gexcon innen vindkraft.

Retningslinjer for forfattere

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

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

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

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

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

ILLUSTRASJONER er en viktig del av en artikkel. Legg derfor mye omtanke i figurene. All tekst skal være på norsk. Figurene vil som regel bli trykt i svart/hvitt med en spaltebredde på 8,6 cm. Av økonomiske grunner vil bilder bare i spesielle tilfeller trykkes i farger. Figurene bør være på elektronisk form i et standard grafisk format og med god oppløsning. Vi kan unntaksvis motta figurer eller bilder som urastrerte kopier. Figurer og tabeller skal være referert i den løpende teksten, og ønsket plassering må markeres. Hvis forfatterne selv ikke har laget figurene, skal opprinnelsen oppgis. Forfatterne må selv innhente tillatelse til bruk av slike illustrasjoner.

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

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:

Professor Per Osland

Inst. for fysikk og teknologi, UiB
e-post: per.osland@ift.uib.no

Visepresident:

Professor Åshild Fredriksen

Inst. for fysikk og teknologi, UiT
e-post: ashild.fredriksen@uit.no

Styremedlemmer:

Professor Jon Otto Fossum

Institutt for fysikk, NTNU

Professor Håvard Helstrup

Høgskolen i Bergen

Professor Ola Hunderi

Institutt for fysikk, NTNU

Postdoktor Eirik Malinen

Radiumhospitalet, Oslo

Førsteaman. Kjartan Olafsson

Inst. for fysikk og teknologi, UiB

Professor Jon Samseth

Høgskolen i Akershus, Lillestrøm

Lektor Morten Trudeng

Asker videregående skole

Selskapets sekretær:

Cand.scient. Øyvind Svensen

Inst. for fysikk og teknologi, UiB,
Allégaten 55, 5007 Bergen.

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

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

Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Professor Øyvind Grøn

Høgskolen i Oslo og Fysisk inst. UiO

Stipendiat Marit Sandstad

Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO

Redaksjonssekretær:

Karl Måseide

Fysisk institutt, UiO

Redaksjonskomité:

Professor Odd-Erik Garcia

Institutt for fysikk, UiT

Professor Per Chr. Hemmer

Institutt for fysikk, NTNU

Førstelektor Ellen K. Henriksen,

Fysisk institutt, UiO

Professor Bjarne Stugu

Inst. for fysikk og teknologi, UiB

Ekspedisjonens adresse:

Fra Fysikkens Verden

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

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

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

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

e-post: marit.sandstad@astro.uio.no

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

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement tegnes hos selskapets sekretær.
Årsabonnement 120 kr. (Student 60 kr.)
Lossalg 40 kr. pr. nummer.