

Nr. 3 – 2014
76. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øyvind Grøn
Emil J. Samuelsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Øyvind Grøn:	
Kavliprisen i astrofysikk 2014	75
A. Brataas og E.J. Samuelsen:	
Kavliprisen i nanovitenskap 2014 . .	79
Emil J. Samuelsen:	
Gasshydrat og hol i permafrosten .	82
Dag W. Breiby:	
Beregningsbasert mikroskopi	87
Fra Redaktørene	70
In Memoriam	70
Bjørn Landmark (1927-2014)	
FFV Gratulerer	71
Tore Amundsen 80 år	
Razi Naqvi 70 år	
Jan Olav Eeg 70 år	
Fysikknytt	91
Ekstotisk partikkel funnet	
Kva skjer	91
Fysikkolympiaden 2014	
Nytt fra NFS	93
Det lille fysikermøtet 2014	
Bokomtale	94
Øystein Elgarøy:	
Astronomi – en kosmisk reise	
Professoropprykk ved NTNU	95
Trim i FFV	95

Fra Fysikkens Verden



Hol i permafrosten i Sibir
(Sjå artikkel om Gasshydrat)

Fra Redaktørene

Fred Kavli var en visjonær person. Han så at forskning har potensiale til å gjøre fremtiden bedre enn fortiden og nåtiden. Kavli var også handlekraftig og stiftet *The Kavli Foundation* for å fremme grunnforskning innenfor områdene astrofysikk, nanovitenskap, nevrovitenskap og teoretisk fysikk.

Astrofysikk har en kulturell side. Det dreier seg om forskning for å forstå universets opprinnelse, struktur og sammensetning. Astrofysikken er rettet mot å oppnå et realistisk verdensbilde.

Nanovitenskapens fokus er fysikk og kjemi på atomær skala, og denne forskningen har også en kulturell side, men har i tillegg som mål å produsere nye materialer og maskiner som vil være til nytte for menneskene. Her er menneskets komfort i fokus.

Nevrovitenskap er rettet mot utforskning av mennesket. Her forskes for å forstå menneskets hjerne. Man søker en forståelse av hvem vi er, hvordan vi oppfører oss og hva bevissthet er. Nevrovitenskapen er også rettet mot arbeidet med å kurere eller hindre sykdommer.

Teoretisk fysikk har som mål å bidra med forståelse av alle typer fysiske fenomener. Som Einstein sa: Det er teorien som forteller hva vi observerer.

The Kavli Foundation har etablert 16 institutter ved ledende forskningsinstitusjoner, seks i astrofysikk, fire i nanovitenskap, fire i nevrovitenskap og to i teoretisk fysikk.

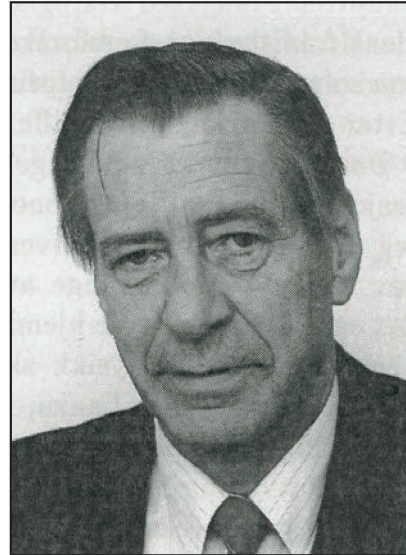
Fred Kavli etablerte også tre store priser, én i astrofysikk, én i nanovitenskap og én i nevrovitenskap. Prisene deles ut av Det Norske Videnskaps-Akademi. Vi kan være stolte og glade over Norges rolle i denne sammenheng. Kavliprisene har betydning ikke bare når det gjelder utviklingen av vårt verdensbilde, menneskets komfort og dets helse. Det er også knyttet en stor formidlingsaktivitet til prisene som bidrar til vår kultur.

Øyvind Grøn

∞

In Memoriam

Bjørn Landmark (1927–2014)



Professor Bjørn Johan Landmark døde 17. juli, 87 år gammel. Han tok cand.real.-eksamen ved Universitetet i Oslo i 1952, med astrofysikk som hovedfag. I de følgende årene kom de første målingene fra raketter som ga ny informasjon om jordens øvre atmosfære og om solens stråling. Det var derfor et naturlig valg for Bjørn Landmark å ta sikte på utforskning av ionosfæren. Han disputerte for dr.philos.-graden ved UiO med ionosfærefysikk som tema, i 1955. Året etter ble han ansatt som forsker ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) på Kjeller, der han senere ble forskningssjef ved Avdeling for elektronikk.

Interessen for romforskning økte etter at Sputnik-I kom i bane i 1957, og data fra NASAs Explorer-I satellitt i 1958 viste at jorden er omgitt av strålingsbelter der energirike partikler er fanget inn i jordens magnetfelt. På denne bakgrunnen ble en skandinavisk arbeidsgruppe for romforskning (SAR) etablert i 1960. Bjørn Landmark var da en entusiastisk pådriver for å starte opp med romforskning i Skandinavia.

I 1960 reiste Bjørn Landmark sammen med Odd Dahl til USA der de fikk gode kontakter med ledende personer i NASA. Denne reisen, og deres påfølgende reiser til Nord-Norge, ledet til at Oksebåsen på Andøya ble valgt som skytefelt for forskningsraketter, og samarbeid med NASA ble etablert.

Oppskytingen av den første raketten fra And-

øya, Ferdinand-I, i 1962, var et samarbeidsprosjekt mellom Danmark og Norge på eksperiment-siden og med god støtte fra NASA med telemetri-utstyr. Dette ble starten på en lang rekke forskningsraketter med instrumenter utviklet i Norge og andre land i Europa, USA og Japan. Det har alltid vært viktig for Landmark at forholdene ved skytefeltet var optimale slik at forskere fra hele verden kunne komme til Andøya for å fly sine raketter.

Landmark var selv en aktiv forsker som deltok i et stort antall rakettprosjekter, og han var alltid sterkt opptatt av at dataene måtte bli analysert og publisert.

Bjørn Landmark tok også initiativ til flere internasjonale møter i Norge om romforskning. Under hans ledelse produserte Avdeling for elektronikk på FFI en lang rekke doktorer. Dette var med på å legge grunnlaget for utviklingen av romforskning i Norge. Denne forskningen har gitt viktige bidrag til forståelse av nordlys, radiobølgeutbredelse i ionosfæren for samband og navigasjon, samt til forståelse av prosesser i den midlere atmosfære.

Den europeiske romforskningsorganisasjonen ESRO ble etablert samme år som Andøya Raketttskytefelt ble tatt i bruk, men Norge ble bare assosiert medlem i ESRO. Likevel ble noen av ESROs raketter sendt opp fra Andøya. I 1981 ble ESRO utvidet til å bli en mer omfattende organisasjon, kalt ESA (*European Space Agency*). Norge ble først bare assosiert medlem også der, men fikk fullt medlemskap i 1987.

Den internasjonale aktiviteten ved Andøya Raketttskytefelt (ARS) ga Bjørn Landmark en god oversikt over utviklingen av romforskningen i Europa, og i 1977 ble han sjef for Avdeling for romvirksomhet i Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd. Da Norsk Romsenter ble etablert i 1987, fikk Bjørn Landmark direktørstillingen der. I disse stillingene kunne han holde kontakt med ledelsen i ESA i Paris. Landmark var også en tid ambassaderåd ved den norske ambassaden i Paris og var en nøkkelperson i fobindelse med at Norge ble assosiert medlem av ESA i 1981.

Landmark var også en viktig inspirator for å starte undervisning i fag relatert til romforskning, ved ARS, og fra 1990 er det blitt arrangert årlige kurs for studenter fra høyskoler og universiteter, samt for lærere i realfag i videregående skoler, ved raketttskytefeltet. Landmark var aktiv i utarbeidelse av lærebøker til disse kursene og deltok i undervisningen der.

Bjørn Landmark var medlem av Det Norske Videnskaps-Akademi. I 1987 fikk han en professor-II-stilling ved Universitetet i Oslo, hvor han bidro til at romteknologi og romforskning ble en del av kurstillbudet ved universitetet. Samtidig, og inn i pensjonalderen, hadde han også et styrelederverv ved Nansensenteret i Bergen, noe som gir et godt bilde av bredden i Bjørn Landmarks aktiviteter.

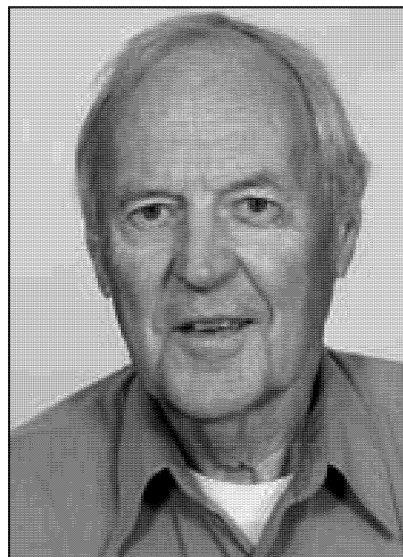
Med Bjørn Landmarks bortgang er en av pionerene i moderne norsk romforskning ikke med oss lenger. Han vil bli savnet av sine mange venner i inn- og utland.

Alv Egeland, Jan A. Holtet, Arne Pedersen og Eivind V. Thrane.

∞

FFV Gratulerer

Tore Amundsen 80 år



Den 20. juni fylte ein fysikkens gentleman, professor emeritus Tore Amundsen, 80 år. Tore kom til å bidra mykje til miljøet ved den framveksande faststoffgruppa ved Fysisk institutt på Blindern på 1960- og 70-talet. Han var rett mann på rett plass då han gjekk inn i fysikken som hovudfagsstudent hos Tore Olsen. Frå 1961 til 2002 var Tore Amundsen i full stilling ved Universitetet i Oslo, som professor frå 1991.

Eit lite tilbakeblikk på framveksten av material- og faststoffysikk ved UiO kan vere på sin plass her. Med velsigning av professor Johan Holtsmark, la Tore Olsen og medarbeidarar som Ivar Holwech og Ole Herbjørnsen, etter kvart også Bjarne Nøst og Harald Bratsberg, grunnlaget for eit eksperimentelt norsk faststoff-fysikkmiljø av god internasjonal klasse. Gruppa framstilte verdas reinaste aluminium og installerte anlegg for produksjon av flytande helium. Dette skaffa den eksperimentelle faststoff-forskinga ein "flying start". At aluminium vart valt som forskingsobjekt, var ikkje tilfeldig. Aluminium var ein av Norges viktigaste industrielle eksportartiklar. Det 99,9999 % reine aluminiumet gav gruppa ein unik posisjon i verdssamanheng. Det vart satsa på å studere alle mogelege transportegen-skapar i det reine metallet, særleg ved temperaturar nær kokepunktet for helium ved 4,2 K. Termisk konduktivitet, halleffekt, fermiflater, helikonresonans og storleikseffektar er stikkord her. Det var høg originalitet over arbeidet, og transportmålingane vart utførde med stor presisjon.

Vi tillèt oss å skyte inn her at faststoffgruppa var *eitt* miljø, med eit tett kollegialt samarbeid mellom den eksperimentelle og den teoretiske delen. Den siste vart leia av Jens Lothe som var ein av verdas aller største kapasitetar innan dislokasjonsteori. To av hans studentar skulle i sin tur komme til å skape den eineståande sterke og vidgjetne gruppa til Jens Feder og Torstein Jøssang.

Tore Amundsen vart snart ein viktig ressurs som rettleiar for hovudfagsstudentar i gruppa. Han følgde i sin rettleiars fotspor med å ta utanlandsopphald tidleg i karrieren, men i motsetnad til dei fleste andre norske fysikarar valde Tore Europa, først i Bristol (1964-65), så i det legendariske miljøet i Leiden (1975-76).

Tore hadde ei førande rolle i transportmålingar i aluminium og indium i omtrent 20 år, og hans arbeid avdekka ei rekkje fenomen som gruppa var først eller tidleg til å studere. Om dette arbeidet kan det seiast at det var vitskapleg forskning av høg standard.

Tore Amundsen vart førsteamanuensis i 1969. Etter kvart vart hans ryddige arbeidsform tydeleg for kollegane på instituttet, og i 1978 vart han først vald til neststyrar, deretter til styrar av Fysisk institutt, UiO (1978-1984). Deretter gjekk han rett over i rolla som dekanus ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet i seks år, 1984–1990. Han vart så professor frå 1991. Gjennom sine verv ved Instituttet og Fakultetet bidrog han i stor grad

til å betre og fornye studietilbodet. Tore medverka til at det vart etablert ei studieretning for teknologisk orienterte studier ved Fakultetet, og han var også ein pådrivar for oppretting av universitetets Senter for Materialforskning i Forskningsparken i Oslo i 1990.

Tore Amundsen fekk også andre store tillitsverv og rådgjevande funksjonar, m.a. som styreleiar og dagleg leiar av Senter for materialforskning og Senter for materialvitenskap ved UiO (1990-2002), styreformann i COMETT-programmet UETP-EEE (University-Enterprise-Training-Partnership for Environmental Engineering Education), 1990–1997, norsk representant i NATO Science Committee (1995-1999), medlem av Technical Committee Physics i EU-programmet COST (2000-2006), og styreleiar for Norsk Synkrotronforskning AS (1998-2006).

Etter avgang som professor var Tore Amundsen m.a. rådgjevar ved Senter for materialvitenskap og nanoteknologi, UiO, i perioden 2004–2006, og leiar av eit nasjonalt utval for å utgreie behovet for svært kostnadskrevjande eksperimentelt utstyr.

Tore har gjennom sitt lange virke alltid vore ein beskjeden person på eigne vegner, men med eit tydeleg leiarskap, og evne og vilje til å finne gode løysingar. Han har teke på seg oppgåver også som pensjonist: Verkeleg ein fysikkens gentleman.

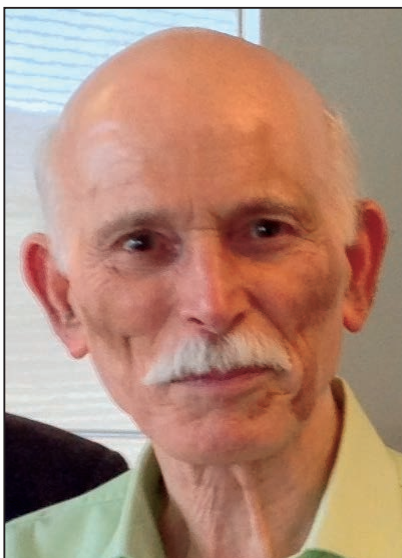
Vi gratulerer Tore Amundsen med 80 år, og ynskjer han framleis gode og aktive år framover!

Kristian Fossheim, Arne Skjeltorp og Bjørn Berre

∞

**Husk å melde
adresseforandring
til sekretæren
i NFS!**

Razi Naqvi 70 år



Kalbe Razi Naqvi, professor i biofysikk ved Institutt for fysikk, NTNU, fylte 70 år 26. mai og har gått over i pensjonistrekene. En spennende og suksessfylt karriere tar dermed en ny retning.

Razi Naqvi ble født i Rae Bareli i India i 1944. En oppvekst under for oss spesielle forhold, førte en begavet yngling til Universitetet i Karachi hvor han tok en B.Sc.-grad i 1962, bare 18 år gammel. Allerede året etter tok han M.Sc.-graden ved samme universitet, og arbeidet der som "Assistant Lecturer" i fysikk til 1964. Da ble han fulltids forskningsstudent ved Department of Physics, University of Manchester. Et "Diploma for Advanced Studies in Science (Physics)" og stilling som "Research Assistant in Physics" førte til Ph.D. i 1968. Tittelen på avhandlingen var "*Delayed Light Emission from Organic Molecules in Solution*".

University of Manchester med en eminent fysikktradisjon og en nobelprisrekke som f.eks. E. Rutherford, W.L. Bragg og Niels Bohr, bærer på en intensitet og bredde som påvirker og gir entusiasme. Razi var "Rutherford Scholar of the Royal Society" fra 1968 til 1971, og konsentrerte seg om grenseområdet fysikalsk kjemi og molekylær-biomolekylær lysspektroskopi. I tre år arbeidet han som "Research Fellow" ved Department of Chemistry, University of Sheffield, og flyttet deretter til Zürich og var "Research Associate" ved Physical Chemistry Laboratory til og med 1976. Han aksepterte da en stilling ved Fysisk institutt ved Norges Lærerhøgskole, NLHT, Universitetet i Trondheim (nå en del av NTNU). Her har Razi gjort en utstrakt forskerinnsats i fysikk, særlig innen spektroskopi og brownske partikkelbevegelser,

og på grenseområder mellom biofysikk, fysikalsk kjemi, biokjemi og medisin. Publikasjonene hans ligger både innenfor teoretisk og eksperimentell virksomhet og er bredt sitert.

Razis store innsats i biofysikken omfatter også lysspektroskopi, absorpsjon og spredning av molekyler og partikler. Fotofysiske prosesser i karotenoider, vitamin E og andre molekyler av biologisk interesse står sentralt, likeså transportteori og kjemisk kinetikk. Diffusjon i todimensjonale systemer, spesielt med tanke på biofysikken i cellemembraner, har Razi også studert med suksess, og en del av hans resultater nevnes i litteraturen som "Razi Naqvis lov". Energiberegninger ved vibrasjonsoverganger, fotoproteksjon i fotosyntese kan nevnes.

Razis kontakter til internasjonal forskning er gode, og listen over medforfattere er lang – fysikere, kjemikere og matematikere ved NTNU og en rekke internasjonalt kjente forskere dokumenterer hans villighet til å ta opp nye problemstillinger og inngå i vitenskapelig samarbeid.

Razis store arbeidsevne har også vist seg på mange andre områder. Vi kan nevne hans store kunnskap om klassisk litteratur, vitenskapshistorie, filosofi og religionshistorie. Han var også redaktør for tidsskriftet "Symmetri". Hans sitatrickdom er enorm, og han henter med glede slagkraftige uttalelser fra de store engelske forfatterne og debattantene som f.eks. Bertrand Russell. Dette i kombinasjon med en rik og god humor gjør ham velkommen i venners lag.

Forfatterne husker hans beskrivelse av en nervøs Razi som ble beåret ved å bli plassert ved siden av en berømt fotofysiker, som han selvfølgelig nøye hadde studert arbeidene til. Og selvfølgelig ble kommentaren: "*I was nervously sitting beside those shoulders on which I was standing.*"

Fremragende prestasjoner ved "fysikkens alter" skal ikke skjule at Razi også ved kjøkkenkomfyren har betydelige kvaliteter!

Razi Naqvi og forfatterne til disse notatene, ble rekruttert til Trondheim i 70-årene for å bygge opp en eksperimentell virksomhet ved daværende Fysisk Institutt, Universitetet i Trondheim. Vi ser tilbake med takknemlighet på det samarbeidet vi har hatt med Razi i disse årene, og ønsker ham en lykkelig og produktiv tilværelse som pensjonist!

Anders Johnsson og Thor Bernt Melø

Jan Olav Eeg 70 år.



Professor Jan Olav Eeg, JOE mellom vener, fylte 70 år den 9. juni og har med dette nådd pensjonsalderen etter 40 år med solid innsats innan forskning og undervisning ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo. Han har såleis si 70-årsfeiring samstundes som vi feirar 50-årsjubileet for oppdaginga av CP-brotet i elektroveik vekselverknad. Forskinga hans har vore sterkt knytt til denne effekten i mange år, noko vi kjem attende til.

I dag har Jan Olav Eeg kontaktar i mange land, og han har vore hjelpsam og grei med alle dei studentane han har hatt. Han er like produktiv nå som då han var yngre.

Det var ikkje alltid opplagt at Jan Olav skulle ende opp som professor. Han måtte gjennom ei ti-årsperiode som "lausarbeidar" i ei tid då det var så å seia stillingstopp for teoretiske fysikarar. Men ved flittig forskning vart han dømt professorkompetent, og han fekk (med god støtte frå tenestemannslaget) i 1989 ei fast amanuensisstilling. Det var heldig for Fysisk institutt, for Jan Olav har alltid vore ein flink fysikar, og ein venleg og pliktoppfyllande tenestemann. Opprykket til professor kom fire år seinare. Då hadde Jan Olav også fått Kongens gullmedalje for Universitetets prisoppgåve "*The direction of time in the laws of nature*".

Lenge før dette, etter artium ved Telemark Landsgymnas, kom Jan Olav Eeg til Universitetet i Oslo, og i 1970 vart han cand.real. med hovudoppgåve for professor Marius Kolsrud. Dei neste åra medan han var vitskapeleg assistent og stipendiat frå Forskningsrådet, heldt han fram med å arbeide med Weinbergs likningar for partiklar med høge spinn. Dette resulterte i ei avhandling som

han forsvara for graden dr.philos. i 1976.

Det var naturleg nok ikkje mange tal som kunne samanliknast med eksperiment som kom ut av artiklane til Jan Olav denne tida. Men dette skulle endre seg. I 1976 reiste Jan Olav til sumarskolen i Les Houches, som hadde tittelen "*Weak and Electromagnetic Interaction at High Energies*", og opphaldet der markerte ein overgang i det vitskapelege arbeidet til Jan Olav. Nå vart det for det meste partikkelfenomenologi innanfor den elektroveike teorien med QCD i tillegg, vanlegvis omtala som "standardmodellen".

Det er sjølsagt umogeleg her å gje ei oversikt over den vitskapelege produksjonen til JOE som er over 100 arbeid i prestisjetunge tidskrift. Men all den tid at det i år er eit dobbeltjubileum for Jan Olav og for oppdaginga CP-brot, er det naturleg å nemne arbeida hans som kastar lys over mekanismen bak CP-brot. Å forstå CP-brot er også å forstå grunnen til det er langt meire materie enn antimaterie i universet.

Jan Olav Eeg hadde byrja å arbeide med CP-brot tidleg på 80-talet, ofte saman med I. Picek i Zagreb, slik at då han kom til CERN for eit halvår i 1994 kunne han handverket. Han møtte S. Bertolini og M. Fabbriches i frå Trieste, og der utvikla det seg til eit samarbeid som gav resultat som verda var svært interessert i. Dei laga ein modell som gav godt samsvar med eksperiment, og det var dei som i 2000 skreiv oversiktsartikkelen i *Reviews of Modern Physics*: "*Theory of the CP-violating parameter ϵ'/ϵ* ".

Sidan om lag år 2000 heldt Jan Olav fram med forskning på CP-brot, som nå blir oppdaga i mange andre reaksjonar enn K-meson-desintegrasjonar. Men det er eit uløyst problem at standardmodellen kan forklare at det er meir materie enn antimaterie i universet, men ikkje at det er så kolossalt mykje meir! Kanskje Jan Olav på sine eldre dagar kan hjelpe oss fram i mot ei forklaring på det?

Vi ynskjer Jan Olav Eeg lykke til og alt godt!

Hallstein Høgåsen og Jon Magne Leinaas

∞

Kavliprisen i astrofysikk 2014: Inflasjonskosmologi

Øyvind Grøn *

Kavliprisen i astrofysikk 2014 er blitt tildelt Alan Guth, Andrei Linde og Alexei Starobinsky for deres utvikling av inflasjonsmodeller av universets første øyeblikk. Alan Guth er født i New Jersey i USA og har forsket ved Massachusetts Institute of Technology (MIT) siden 1980. Andrei Linde og Alexei Starobinsky er begge født i Moskva. Linde var ved Lebedev Physical Institute i Moskva til 1989, så ved CERN ett år. I 1990 flyttet han sammen med sin familie til USA og har siden vært professor ved Stanford University. Starobinsky har arbeidet ved Landau Institute for Theoretical Physics i hele sin karriere.

De første relativistiske universmodellene

Den første relativistiske universmodellen ble konstruert av Einstein i 1917. Den gangen trodde man at universet var statisk i stor skala. Fiksstjernene var i ro. Einstein ønsket å finne en løsning av gravitasjonslikningene i den generelle relativitetsteorien som beskrev et statisk univers. Han oppdaget at det gikk ikke. Et univers som opprinnelig var statisk ville kollapse på grunn av tiltrekkende gravitasjon.

Einstein postulerte da at rommet hadde en iboende tendens til å ekspandere, noe han beskrev matematisk ved hjelp av en såkalt *kosmologisk konstant*. Men i 1927 oppdaget den belgiske pateren og kosmologen Georges Lemaître at universet ekspanderer. Han viste, slik Alexander Friedmann hadde gjort fem år tidligere, at et ekspanderende univers er en løsning av Einsteins gravitasjonslikninger uten noen kosmologisk konstant. Men Lemaître utledet også at hastigheten til et fjernt objekt i bevegelse vekk fra oss, er proporsjonal med objektets avstand fra oss. Denne sammenhengen ble gjenopp-



Figur 1. Alan Guth, Andrei Linde og Alexei Starobinsky.

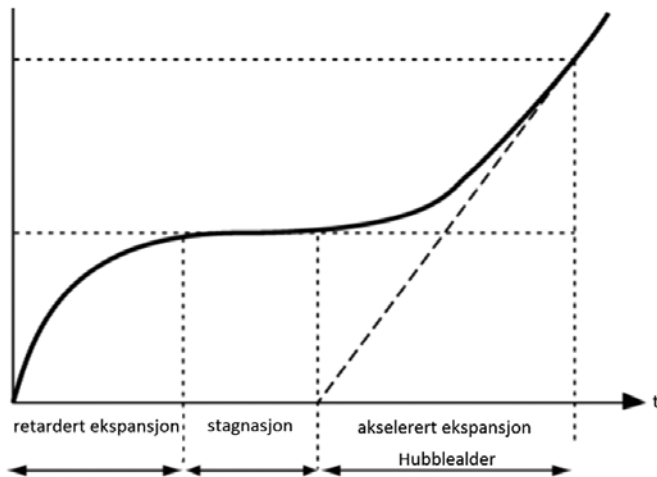
daget av Edwin Hubble to år senere, og kalles i dag for *Hubbles lov*. Den skrives i vår tid på formen $v = H \cdot d$, der H kalles *hubbleparameteren*, og v er hastigheten langs synslinjen til et objekt i avstand d fra observatøren.⁽¹⁾

Både Lemaître og Hubble brukte observasjonsdata til å beregne hvor raskt universet ekspanderer. Ut fra ekspansjonshastigheten og de nåværende avstandene i universet, fant de at universet måtte ha oppstått for 1,7 milliarder år siden hvis det hele tiden hadde ekspandert like raskt. Dette svarer til universets såkalte *hubblealder*, $t_H = 1/H_0$, der H_0 er den nåværende verdien av hubbleparameteren. Dette var et problem, for det var kjent at de eldste stjernene var over 10 milliarder år gamle. Det var først i 1950-årene man oppdaget at målingene av de kosmiske avstandene hadde store systematiske feil, og at universet er over 10 milliarder år gammelt.

Lenge før dette – allerede i 1931 – presenterte Lemaître en annen løsning på aldersproblemet. Han presenterte en ny tolkning av den kosmologiske konstanten. Ifølge Lemaître representerer den tettheten av en type vakuumenergi som er slik at det ikke er mulig å måle hastighet i forhold til den. Han viste at et univers med materie og vakuumenergi har en utvikling som vist i figur 2.

Universet startet med en eksplosjon og gikk inn i en første fase med rask ekspansjon. Den kosmiske ekspansjonen startet med uendelig stor hastighet. Relativitetsteorien tillater dette. Det er hastigheten til legemer gjennom rommet som er be-

* Høgskolen i Oslo og Akershus, og Fysisk institutt, UiO.



Figur 2. Hvordan de kosmiske avstandene endres som funksjon av tiden i Lemaître's universmodell fra 1931.

grenset til å være mindre enn lyshastigheten, men rommets ekspansjonshastighet kan være større enn lyshastigheten.

Ekspansjonen ble brems ned av tiltrekkende gravitasjon, og universet gikk inn i en såkalt stagnasjonsperiode med langsom ekspansjon. Men etter hvert begynte vakuumenergiens frastøtende gravitasjon å dominere, og det førte til en økende ekspansjonshastighet. En tilstrekkelig langvarig stagnasjonsperiode løste aldersproblemet.

Den kosmologiske konstanten har en sentral betydning i sammenheng med inflasjonsmodellene for universet. Her er en historisk linje som starter med Einsteins kosmologiartikkel fra 1917. Så kom Lemaître med oppdagelsen av universets ekspansjon i 1927 og en ny fysisk tolkning av den kosmologiske konstanten i 1931. Han konstruerte også den første "Big Bang"-modellen for universet på samme tid. Universets ekspansjon, tolkningen av den kosmologiske konstanten som uttrykk for vakuumenergiens konstante tetthet, og universets start i et Big Bang, disse tre søylene, konstruert først og fremst av Lemaître i tiden fra 1927 til 1933, danner fundamentet for konstruksjonen av inflasjonsmodellene av universet, som årets tre kavliprismenn i astrofysikk fikk prisen for. Men utover i 1970-årene ble det klart at selv om en universmodell av Lemaître's type løste aldersproblemet, så hadde den andre problemer.

Horisontproblemet

I 1948 forutsa Georg Gamow, Ralph Alpher og Robert Herman at prosesser tidlig i universets historie ville produsere elektromagnetisk stråling som

fyller universet. I universmodellene som var konstruert før 1980, eksisterte ingen mekanisme som kunne sørge for at temperaturen til den kosmiske bakgrunnsstrålingen var den samme over alt. Man forventet derfor at observasjoner skulle vise at temperaturen er forskjellig i ulike retninger.

Den kosmiske mikrobølgebakgrunnsstrålingen (CMB) ble for første gang observert i 1965 av Arno Penzias og Robert Wilson. Etter at COBE-satellitten ble plassert i bane rundt jorda i 1989 og gjorde sine målinger i begynnelsen av 1990-årene, ble det klart at CMB-temperaturen var den samme i alle retninger med en nøyaktighet på over én tusendels grad.⁽²⁾ Dette hadde ingen forklaring i universmodellene konstruert før 1980 og ble kalt *horisontproblemet*.

Flathetsproblemet

Ifølge den generelle relativitetsteorien krummer masse rommet. Man forventet derfor at på stor skala ville rommet være krumt.

I de relativistiske universmodellene er det en sammenheng mellom rommets krumning og universets gjennomsnittlige massetetthet. Tettheten som svarer til et "flatt" rom, kalles *den kritiske tettheten*. Dens verdi er $\rho_{krit} = 3H^2/8\pi G$, der G er Newtons gravitasjonskonstant. Den kritiske tettheten avhenger bare av verdien av hubbleparameteren.

Målet til hubbleteleskopets nøkkelteam var å bestemme verdien av hubbleparameteren med 10 % nøyaktighet. Dette ble oppnådd i år 2000. Dermed kjente man verdien av universets kritiske tetthet med 10 % nøyaktighet.

Man hadde også målinger som gjorde det mulig å estimere gjennomsnittstettheten av all energi og materie i universet. Det dominerende bidraget kom fra store skyer av hydrogen og helium, og utgjorde 4 % av den kritiske tettheten.

Men observasjoner av galaksehoper og roterende galakser viste at gravitasjonsfeltet produsert av stjernene og de interstellare skyene av hydrogen og helium, ikke var sterkt nok til å holde dem sammen. Med de observerte hastighetene til galaksene i galaksehopen, og rotasjonshastighetene til galaksene, ville både hopene og galaksene for lengst ha løst seg opp dersom de bare ble holdt sammen av gravitasjonsfeltene til den kjente materien. Astrofysikerne konkluderte med at det måtte eksistere store konsentrasjoner av *mørk materie* som laget sterke nok gravitasjonsfelter til å holde hopene og galaksene sammen. Beregninger tydet på at den

gjennomsnittlige kosmiske tettheten av den mørke materien utgjorde en fjerdedel av den kritiske tettheten.

I 1998 oppdaget to forskningsgrupper ledet av henholdsvis Saul Paulmutter og Brian Schmidt, at universets ekspansjon øker farten som forutsagt av Lemaître (se figur 2).⁽³⁾ Den mest naturlige forklaringen var at dette skyldes frastøtende gravitasjon produsert av den typen vakuumenergi som kan representeres matematisk ved den kosmologiske konstanten i Einsteins likninger. Denne energien ble kalt *universet mørke energi*. Beregninger viste at en tetthet av mørk energi på 70 % av den kritiske tettheten, ville forklare observasjonene. Dermed kom man frem til at innenfor måleusikkerheten er summen av tetthetene til nøytrinoene i universet, stjernene, skyer av hydrogen og helium, den mørke materien og den mørke energien lik den kritiske tettheten.

Dette var bare en merkverdig tilfeldighet i universmodellene konstruert før 1980. Det hadde ingen forklaring. Man måtte bare anta at universet hadde kritisk tetthet helt fra starten av. Startverdien av tettheten måtte dessuten være kritisk med ekstremt stor nøyaktighet, for i disse universmodellene utviklet tettheten seg bort fra den kritiske verdien under ekspansjonen. Dette ble kalt *flathetsproblemet*.

Monopolproblemet

Universet var opprinnelig ekstremt varmt. Det eksisterte da forhold som gjorde at det ble produsert stabile såkalte *monopoler*, dvs. partikler som hadde bare én magnetisk pol, f.eks. en nordpol. Men slike partikler har ikke vært observert. Fraværet av slike partikler har ingen naturlig forklaring i universmodellene fra før 1980. Dette kalles *monopolproblemet*.

Det har vært delte meninger om hvor alvorlig dette siste problemet er siden disse partiklene er hypotetiske. Man kan ikke utelukke at det ligger en mangelfull forståelse bak forutsigelsen av at slike partikler burde ha eksistert i større antall enn protonene og nøytronene i dagens univers.

De første inflasjonsmodellene

Omkring 1980 var det mange forskere som lagde modeller for hvordan universet har oppstått. Den 5. desember 1979 publiserte Alexei Starobinsky en artikkel i det sovjetiske tidsskriftet *JETP Letters*, der han foreslo at universet helt i starten måtte

ha gått gjennom en fase dominert av vakuumenergi med ekstremt stor tetthet. I denne fasen hadde vakuumenergien en konstant tetthet som kunne representeres matematisk ved den kosmologiske konstanten, og universet ekspanderte eksponentielt. Denne fasen varte bare en liten brøkdel av et sekund. Starobinsky forutsa at det ble produsert gravitasjonsbølger i denne fasen.

Den 4. februar 1980 mottok *Physics Letters* en artikkel fra Katsuhiko Sato, som ble publisert 5. februar 1981, der han beskrev en kortvarig, tidlig fase i universets første øyeblikk med eksponentiell ekspansjon.

Den 5. mai 1980 mottok *The Astrophysical Journal Letters* en artikkel av Demosthenes Kazanas som ble publisert 15. oktober 1980. Der introduserte han en fase dominert av vakuumenergi med eksponentiell ekspansjon ved universets begynnelse. Han viste at den løser horisontproblemet, dvs. at den forklarer den observerte isotropien av den kosmiske bakgrunnsstrålingen, og regnet ut at denne fasen varte i 10^{-33} sekunder.

Den 11. august 1980 mottok *Physical Review D* en artikkel av Alan Guth, som ble publisert 15. januar 1981. Den hadde overskriften "Inflasjonsuniverset: En mulig løsning av horisont- og flathetsproblemet". Her introduserte Guth en kortvarig periode ved universets begynnelse dominert av vakuumenergi, som en løsning på alle tre problemene nevnt ovenfor.

Horisontproblemet ble løst ved at avstandene var så små ved begynnelsen av inflasjonsperioden at termisk likevekt ble etablert på denne tiden. Denne likevekten gikk ikke tapt under den senere ekspansjonen.

Flathetsproblemet ble løst ved at tettheten nærmet seg eksponentielt mot den kritiske tettheten under inflasjonsperioden. Dermed ble det mye mer naturlig at vi i dag observerer en gjennomsnittlig tetthet av den kosmiske energien og materien, som er svært nær den kritiske tettheten. Geometrisk svarer dette til at universet flatet ut under inflasjonsperioden, og dette inspirerte Guth til å kalle denne perioden for *universets inflasjonsperiode*.

Monopolproblemet ble løst ved at fordelingen av monopoler som ble dannet ved begynnelsen av inflasjonsfasen, ble så uttynnet av den hurtig økende ekspansjonen i inflasjonsperioden, at det nå er så stor avstand mellom dem at de ikke lenger kan observeres.

Den 29. oktober 1981 mottok *Physics Letters* et manuskript fra Andrei Linde med tittelen "Et

nytt inflasjonsunivers-scenario: En mulig løsning av horisont-, flathets-, homogenitets-, isotropi og monopolproblemet". Artikkelen ble publisert 5. februar 1982. Her introduserte Linde en ny mekanisme for hvordan inflasjonsperioden oppsto og utviklet seg. En liknende inflasjonsmodell ble introdusert av Andreas Albrecht og Paul Steinhardt i en artikkel som kom på trykk i *Physical Review Letters* 26. april 1982.

I de neste 30 årene er det blitt plitt publisert flere tusen artikler om inflasjonskosmologi. Den mest aktive forskeren på dette området har vært Andrei Linde. Han har konstruert flere forskjellige inflasjonsmodeller, bl.a. en modell han kalte kaotisk inflasjon.

Foruten å løse horisont-, flathets- og monopolproblemet har inflasjonsmodellene for universets begynnelse gitt oss en mekanisme som kan forklare hvordan massefluktasjoner som senere dannet f.eks. galaksehoper, oppsto. Teorien er at opprinnelsen var kvantefluktasjoner ved inflasjonsfasens begynnelse. Beregninger viser at slike fluktasjoner gir opphav til et spekter av massefluktasjoner med ulike størrelser, som passer godt med observasjonene.

De første observasjonene av B-moder i bakgrunnsstrålingens polarisasjonsmønster

BICEP2-teamet annonserte 17. mars 2014, at de hadde observert B-moder i polarisasjonsmønsteret i den kosmiske mikrobølgebakgrunnsstrålingen.⁽⁴⁾ Dette er en uhyre spennende observasjon i sammenheng med inflasjonsmodellene for universets begynnelse.

Ifølge teorien skyldes B-modene i CMB-strålingen dels avtrykk av gravitasjonsbølger på tethetsfluktasjonene som eksisterte da universet ble gjennompekt for denne strålingen, 400 000 år etter Big Bang, og dels forgrunnseffekter. De opprinnelige gravitasjonsbølgene skyldtes kvantefluktasjoner i inflasjonsperioden. Dette betyr at disse gravitasjonsbølgene fungerte som budbringere som tok med seg informasjon om hendelser i inflasjonsperioden og overleverte denne informasjonen til kildene for temperaturfluktasjonene i CMB-strålingen. Det observerte B-modesignalet representerer da et "vindu" til inflasjonsfasen, dvs. til universets tilblivelse.

Planckprosjektet har utført målinger av polari-

sasjon i CMB-strålingen. De har observert hele himmelkulen over et stort frekvensområde, og dette har gjort det mulig ved hjelp av avanserte analysemetoder å separere den delen av B-modesignalet som kommer fra de opprinnelige gravitasjonsbølgene, fra den delen som kommer fra forgrunnen. Etter planen kommer deres rapport om dette i løpet av november 2014, noe som blir svært spennende. Hvis forgrunnen er liten nok, forblir vinduet til inflasjonsperioden åpent.

B-moder i CMB-strålingen og inflasjonsmodeller

Som nevnt er det blitt konstruert et stort antall inflasjonsmodeller. De forutsier ulike grader av B-mode-polarisasjon i CMB-strålingen. Dersom BICEP2 sine analyser av sitt observasjonsmateriale blir bekreftet, vil mange inflasjonsmodeller stå for fall. Lindes kaotiske inflasjonsmodell passer så langt godt med observasjonene.

Alle de tre kavliprisminnerne i astrofysikk er pionerer innenfor utforskningen av universets inflasjonsmodeller. Inflasjonsfasen er spekulativ på den måten at den ikke følger med nødvendighet av veletablert fysikk. Den involverer gravitasjonelle kvantefluktasjoner, og balanserer dermed på grensen av gyldighetsområdet for de teoriene vi har. Fortsatt mangler vi en allment akseptert kvantegravitasjonsteori. Men hvis BICEP2-resultatene blir bekreftet, står likevel inflasjonsteorien temmelig sterkt. For da er en av de viktigste konsekvensene av denne teorien, dannelsen av gravitasjonsbølger fra gravitasjonelle kvantefluktasjoner i inflasjonsfasen, bekreftet både kvalitativt og kvantitativt.

Hva om BICEP2-resultatene ikke blir bekreftet? Hva betyr det for inflasjonsteoriene? Et svar som kanskje er noe skuffende er: Det betyr at B-modemønsteret i CMB-strålingen får så stort bidrag fra forgrunnen at forgrunnssignalet skjuler det forutsagte signalet fra inflasjonsfasen.

Den 22. september 2014 offentliggjorde Planck-teamet et preprint hvor de kom med de første resultatene av en detaljert analyse basert på Planck-sondens målinger, der de har bestemt forgrunnstøvet bidrag til B-modesignalet i CMB-strålingen. Dessverre ser det ut til at B-modesignalet detektert av BICEP2-teamet i sin helhet, kan forklares som et forgrunnssignal. Men Planck-teamet presiserer at usikkerhetene foreløpig er store, så det er for tidlig å trekke noen bastante konklusjoner av dette.

Dette betyr ikke at inflasjonsmodellene for universet falsifiseres, men at viktig informasjon om inflasjonsfasen er skjult bak et forgrunnstepp. Deres oppnåst tilstrekkelig godt kjennskap til forgrunnsbidraget til B-modene i CMB-strålingen, kan man muligens konstruere dataprogrammer som fjerner forgrunnen. Så får vi se om det som blir igjen passer med inflasjonsmodellenes forutsigelser. I øyeblikket arbeider BICEP2- og Planck-teamene sammen om å studere dette problemet og sikter mot en felles publikasjon på slutten av året.

Kavliprisene til Alan Guth, Andrei Linde og Alexei Starobinsky vil være vel fortjente uansett om BICEP2-resultatene blir bekreftet eller ikke. Men ikke dersom forestillingen om at det har eksistert en inflasjonsfase ved universets begynnelse blir falsifisert. Man gir ikke priser til forskere som har introdusert og laget modeller av en tidlig fase i universets historie, med mindre man mener at denne fasen virkelig har eksistert. Årets Kavlipris i astrofysikk

er både en heder til Guth, Linde og Starobinsky, og et signal til oss alle om at kosmologene mener at inflasjonsmodellene allerede har forklart så mye, at de føler seg rimelig trygge på at det eksisterte en slik fase ved universets begynnelse.

Referanser

1. Ø. Grøn: *Relativistiske universmodeller*. FFV **56**, Nr. 3, 75–83 (1994)
2. Ø. Grøn: *Temperaturfluktuasjoner i den kosmiske bakgrunnsstrålingen*. FFV **62**, Nr. 2, 39–45 (2000)
3. Ø. Grøn: *Er universet i en tilstand av akselerert ekspansjon?* FFV **61**, Nr. 3, 73–80 (1999)
4. Ø. Grøn: *Gravitasjonsbølger fra Big Bang?* FFV **76**, Nr. 2, 51–55 (2014)

∞

Kavliprisen i nanovitenskap 2014

Arne Brataas og Emil J. Samuelsen *

Kavliprisen i nanovitenskap 2014 er tildelt Thomas W. Ebbesen (Université de Strasbourg), Stefan W. Hell (Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Göttingen) og John B. Pendry (Imperial College, London). Artikkelen gjengir tildelingstalen, presenterer prisvinnerne og gir korte beskrivelser av forskningsresultatene som er grunnlaget for pristildelingene.

Tale ved prisutdelingen (oversatt fra engelsk)

Nanovitenskap er studiet av svært små strukturer og kontroll av disse på atom- eller molekylnivå. "Nano" kommer fra nanometer som er en milliarddels meter. Det er en utrolig liten lengdeenhet: Neg-



Figur 1. De tre prisvinnerne, Thomas W. Ebbesen, Stefan W. Hell og John B. Pendry.

lene våre vokser noen nanometer hvert sekund, og dekkene på bilen din slites omtrent en nanometer hver gang de roterer.

En stor utfordring innen nanovitenskap er at det som studeres, er så lite at vi vanligvis ikke kan se det. Det å "se" er viktig. Det er på den måten vi oppnår en kulturell og vitenskapelig forståelse av et fenomen. Når vi "ser", kan vi oppdage, forstå og

* Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim.

gjøre bruk av naturens underverker.

Utviklingen av moderne biologi henger sammen med oppfinnelsen av optiske mikroskoper som bruker vanlig lys som går gjennom linser for å ta bilde av små strukturer. Mikroskopet er fortsatt et viktig verktøy i mange fag fra geologi til fysikk.

Men vi ønsker alltid å se mer med større presisjon, og oppdage ukjente fenomener. Optiske mikroskoper har imidlertid begrenset oppløsning fordi lyset består av små bølger. Derfor trodde vi lenge det var umulig å se noe som var mindre enn 200 nanometer. Den oppløsningen er bestemt av bølgelengden til vanlig lys.

Selv om dette er en utrolig liten lengde, er fortsatt store deler av naturen usynlig for oss. For eksempel måler et forkjølelsesvirus bare 30 nanometer i diameter. Riktignok har nye verktøy som elektronmikroskop, hjulpet oss til å studere så små ting, men optisk mikroskopi har fortsatt store fortrinn når det er levende biologiske prøver som skal studeres.

Årets kavliprismenn har uavhengig av hverandre, utviklet metoder som lar oss "se" ting med normalt lys som ingen har sett før. Deres forskning åpner for en videre utvikling av nye og mer effektive avbildningsteknikker og fotonikkteknikker. Disse oppdagelsene er viktige for videre fremskritt i alle deler av nanovitenskapen. De tre kavliprismennene har ikke bare utvidet vår forståelse av nanooptikk. De har åpnet mulighetene for nye bruksområder innen mikroskopi som et stort fremskritt innen realfag fra fysikk og kjemi til biologi og medisin.

Thomas Ebbesens oppdagelse illustrerer Isaac Asimovs leveregel at de mest spennende øyeblikkene innen vitenskap ikke er når du roper "Eureka!" men når du sier: "Det er pussig ..." Sunn fornuft tilsier at du ikke kan sende noe gjennom et hull der hullet er mindre enn objektet som sendes. Ebbesen har vist at det tvert imot kan skje en ekstraordinær overføring av lys gjennom nanofabrikkerte hull i tynne metallfilmer.

Hans eksperimentelle resultater ble publisert i 1998 og utfordret alle aksepterte teorier for hvordan lys forplanter seg gjennom små hull. Ebbesens oppdagelse har ført til nye metoder for å øke effektiviteten og fokuset til fotoniske enheter samt følsomheten av optiske sensorer.

Stefan Hell har arbeidet med noe som har vært kjent som en begrensning innen lysmikroskopi siden det 19. århundre, nemlig Abbe-grensen. Ifølge den kan oppløsningen i et mikroskop ikke være mindre enn halvparten av bølgelengden til lyset. I 120 år var dette en ubevegelig begrensning i optikken.

Stefan Hell overvant utfordringen ved å skille det visuelle signalet fra bakgrunnsstøyen. Med en dyp forståelse av sammensetningen av det som blir fotografert, viste Hell hvordan det er mulig å redusere støyen med en ny teknikk som nå er kommersielt tilgjengelig.

Ikke bare har denne teknikken gjort det mulig å ta bilde av noe som er langt mindre enn optiske bølgelengder, det har gjort optisk nanoskopi til et viktig verktøy for biovitenskap fordi biologiske prosesser i levende celler kan observeres med nanoskala-oppløsning.

John Pendry har skapt en modell for å lage en perfekt linse basert på materialer som ikke finnes i naturen. Dette objektivet gjør det mulig å avbilde objekter med nanoskala-dimensjoner. John Pendry baserte sin modell på nye optiske nanoskalamaterialer med unike egenskaper. Hans bidrag besto i å undersøke disse egenskapene på nytt i vanlige materialer som sølv, gull og kobber, og formulere retningslinjer for å bygge perfekte linser.

Pendrys teorier støttes av et stadig økende antall eksperimenter, noe som har stimulert et bredt spekter av aktiviteter som bygger videre på hans konsepter – både i og utenfor det synlige lysspekteret.

Evnen til å ta bilder med synlig lys former vår oppfatning av naturen. Vi hedrer Thomas W. Ebbesen, Stefan W. Hell og John B. Pendry som uavhengig av hverandre og på forskjellige måter har gjort det mulig å "se" nanostrukturer!

Arne Brataas
leder av priskomiteen

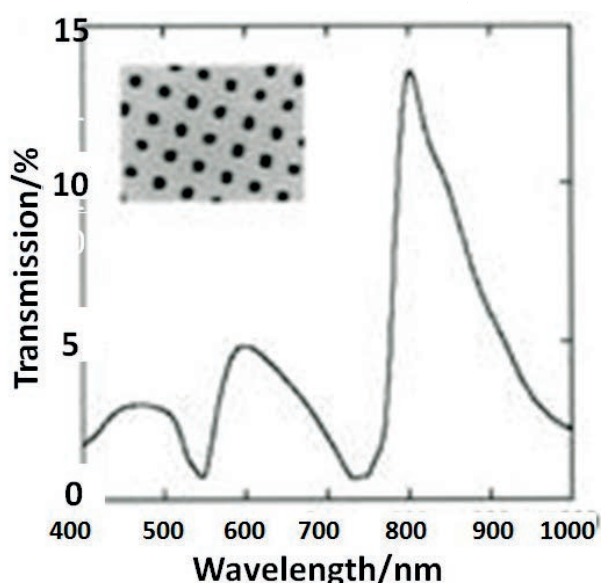
Omtale av prisarbeidene

Thomas W. Ebbesen

Ebbesen er professor i fysikalsk kjemi ved Université de Strasbourg, knyttet til *Institut de science et ingénierie supramoléculaires* (ISIS). Han er født i Oslo (1954), men hadde også en stor del av oppveksten sin i Paris. All høgre utdanning har han fra Frankrike og USA. Ebbesen er den første nordmann som har fått Kavliprisen.

I 1998 publiserte Ebbesen og medarbeidere oppdagelsen av en effekt de kalte "Ekstraordinær optisk transmisjon gjennom små hull med diameter mindre enn bølgelengda". Det er denne oppdagelsen og seinere bearbeiding, som er grunnlaget for at Ebbesen fikk Kavliprisen i år.

Denne effekten vakte stor oppmerksomhet fordi den var i strid med gjengs oppfatning. For eksempel skjer det en forsterkning av lyset under spesielle vilkår. Figur 2 illustrer målt lysgjennomgang som funksjon av bølgelengda for en 380 nm tykk skive av sølv med firkantmønster av runde hull (illustrert inne i figuren) med diameter 280 nm og innbyrdes minsteavstand 750 nm. Maksima og minima i mønstret indikerer resonanser. Det er verdt å merke seg at effekten er knyttet til hull i skiver av metall.



Figur 2. Lysgjennomgang gjennom hullsystem (illustrert inne i figuren) i sølvskeiv ved varierende bølgelengde. Skivetykkelse og hulldimensjonering er i hundre-nanometerområdet, som angitt i teksten. (Phys. Rev. Lett. 86, 1114 (2001). Gjengitt med tillatelse fra APS).

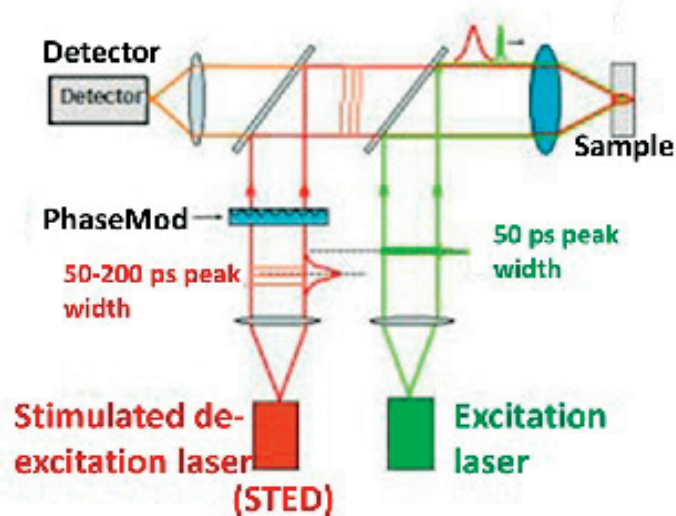
Mekanismen for transmisjonen er blitt klarlagt. Enkelt sagt vekselvirker lysfeltet med elektron-systemet i metalloverflata og eksiterer forstyrrelsesbølger i elektrontettheten, kalt *overflateplasmoner* (surface plasmons, SP). Disse kombinerer med lysfeltet til hybridbølger av lys og plasmon (kalt polaritoner) som kan passere gjennom hullet, og som på andre siden desintegrerer igjen til lys og plasmon. Det regelmessige mønstret av hullene gir en interferenseffekt, som forårsaker resonans og forsterkning. Det er foreslått mange anvendelser av effekten, f.eks. som element i fotoniske kretser for kommunikasjon og databehandling.

Stefan W. Hell

Hell er direktør ved Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie i Göttingen. Han er født i

Romania (1962), men har sin høgre utdanning fra Tyskland.

I 1993 var Hell forskningssjef i Turku, der han utviklet det som er grunnlaget for at han fikk Kavliprisen, nemlig STED- (*stimulated emission depletion*) mikroskopi, som han seinere videreutviklet ved Max-Planck i Göttingen. STED-mikroskopet har en mye bedre oppløsningsevne enn et ordinært mikroskop, som ifølge Abbe er begrenset til størrelser større enn omtrent halve bølgelengda. STED-mikroskopet baserer seg på fluoresens. Prøven blir tilført et fluoriserende stoff som blir eksitert med en laserpuls, mens selve de-eksitasjonen blir stimulert av en annen laserpuls (figur 3) og kan derfor manipuleres etter ønske. Et spesielt optisk element, kalt "fasemodulator", i strålegangen kan begrense de-eksitasjonsstråletverrsnittet til form av en ring, og slik lar en liten flekk i midten være upåvirket. Avbildning med denne midtstrålen vil derved ha bedre oppløsningsevne som kan bringes ned i nanometerområdet. STED-instrument er kommersielt tilgjengelige og blir brukt i biologisk forskning.

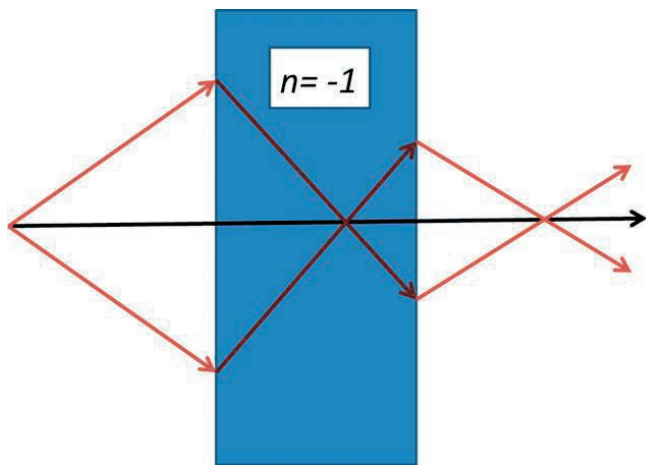


Figur 3. STED-mikroskopi: Strålegangen med speil og linser. "Grønn laser" eksiterer prøven; "rød laser" stimulerer til de-eksitasjon og undertrykker derved fluoresens. Pulslengder i pikosekund, ps. (Gjengitt med tillatelse av Stefan W. Hell.)

John B. Pendry

Pendry er professor i teoretisk faststoffysikk ved Imperial College i London. Han er født i Nord-England (1943) og fikk utdanningen sin i England. Han har også hatt det meste av sin forskerkarriere i England; to år tilbrakte han ved Bell Labs i New Jersey.

Pendrys Kavlipris ble gitt for teoretisk arbeid med det som blir kalt "metamaterialer". Ideen går



Figur 4. Lysbrytning i metamateriale, som gir perfekt fokusering.

tilbake til 1960, men slike materialer ble virkelig gjort først i 1999.

Metamaterialer er kunstig framstilte strukturer som vekselvirker med lys på en slik måte at effektiv brytningsindeks n er negativ. Det er moderne litografimetoder som gjør det mulig å lage metamaterialer. Når $n < 0$ vil lyset brytes mer enn 90° innover mot "aksen" av lysstrålen, og plane skiver kan fungere som perfekte linser, helt uten abberasjonsproblem.

I prisforedraget sitt kunne Pendry også fortelle om "usynlighetskonstruksjoner": Ved å legge kapper av bestemte metamaterialer rundt objekter blir objektene usynlige utenfra.

Emil J. Samuelsen

∞

Gasshydrat – og hol i permafrosten

Emil J. Samuelsen *

Hydrokarbonar som metan og etan er lite blandbare i vatn. Men ved låg temperatur og høgt trykk kan hydrokarbonar likevel bli fanga inn mellom vassmolekyla i fast vatn, dvs. i is, og danne det som blir kalla gasshydrat. Dei har ein eineståande struktur, ofte kalla gjest-vert-materiale eller klatratar. Tre djupe hol i tundraen nyleg oppdaga nord i Sibir er truleg oppstått på grunn av gasshydrat.

Innleiing

Det viktigaste gasshydratet er det som inneheld metan, CH_4 , men ein kjenner til hydrat av ei rekke stoff, som etan C_2H_6 , etylen C_2H_4 , karbondioksid CO_2 , nitrogenoksid N_2O , klor Cl_2 og andre.

Metanhydrat ligg føre på jorda innkapsla i permafrost og i visse sedimentære lag på havbotnen,



Figur 1. Hol i permafrosten nyleg oppdaga i Sibir.⁽¹⁾ (Foto: Andrej Naumenko.)

og utgjør ein betydeleg del av jordas hydrokarbonreserve. Industriell utvinning av metangass frå hydrat er under utvikling, men enno ikkje tilgjengeleg. I oljeindustrien kan gasshydrat vere ein plage, for

* Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim.

det kan bli danna hydrat i oljerøra der trykket er høgt og temperaturen låg, slik at røra går tett.

Mange reknar metanhydrat som ein trussel for klimaet på jorda. Metan blir frigjort frå permafrost og havbotn dersom temperaturen stig nok, og metan er ein drivhusgass med endå større effekt enn karbondioksid.

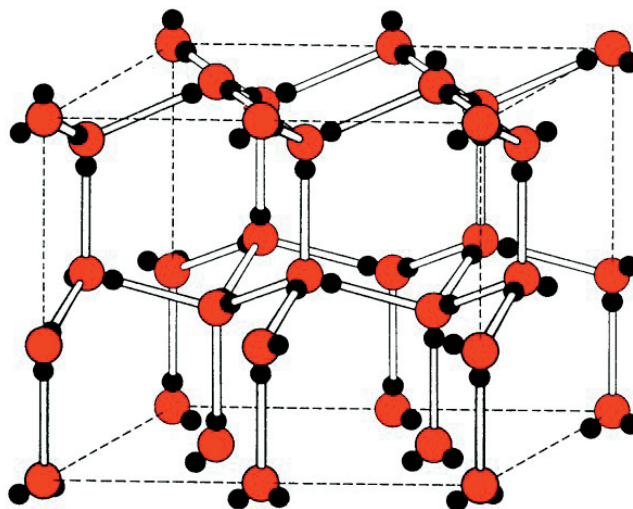
I juli 2014 skreiv det engelskspråklege *The Siberian Times*⁽¹⁾ om mystiske hol oppdaga på Jamal-halvøya i Sibir, også omtala i tidsskriftet *Nature*.⁽²⁾ Figur 1 viser eitt av hola, 30 m i diameter og minst 70 m djupt. Målingar har vist eit innhald på 10 % metan i lufta der inne. Det blir rekna som sannsynleg at hola er danna av frigjort metan frå permafrosten.

Gasshydrat har interessant struktur og eigenskapar, som blir kort beskrivne i det følgjande, og jamført med eigenskapane til is. Gasshydrat kan framstillast kunstig for forskingsformål.

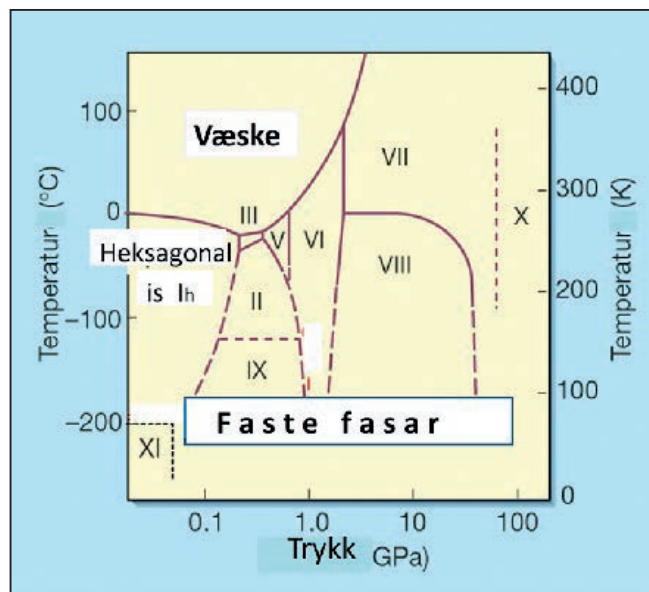
Vatn-metan-blandingar

Vatn, H_2O , er dihydridet av oksygen, med V-forma molekyl der oksygenatomet O er i spissen og hydrogenatom H på greinene av V-en. Opninga i V-en er om lag 105° . Den kjemiske bindinga er slik at der er eit overskot av negativ ladning på O-en og tilsvarende positivt overskot på H-ane, noko som gir molekylet eit elektrisk dipolmoment. Det gir samtidig vatn den spesielle eigenskapen at der eksisterer ei veik binding kalla "hydrogenbinding" mellom vassmolekyla. I flytande vatn er molekyla sjølvsgagt orienterte hult-til-bult, men i fast, krystallinsk form, dvs. i is, organiserer vassmolekyla seg slik at hydrogenatom i kvart molekyl peikar mot oksygenatom i nabomolekyla, og molekyla dannar såleis eit samanhengande laust bunde nettverk. På grunn av *symmetrien* i strukturen til is ved normale trykk talar ein om *heksagonal* is. Organiseringa i eit nettverk har m.a. som konsekvens at densiteten av is er lågare enn densiteten av flytande vatn ved temperaturar nær frysepunktet. Det er årsaka til at is flyt på vatnet. Den same eigenskapen er det som gjer gasshydrat muleg. Figur 2 viser krystallstrukturen av is ved atmosfæres trykk og temperatur nær frysepunktet, 0°C .

Det er nødvendig å spesifisere trykk og temperatur når ein omtalar strukturen av is, for det finst 14–15 ulike modifikasjonar, avhengig av trykket og temperaturen, illustrert ved "fasediagrammet" i figur 3.



Figur 2. Ein repeterande del av strukturen i heksagonal is med hydrogenbindingar mellom H_2O -molekyla. Raude kuler: oksygenatom; svarte kuler: hydrogenatom. Til kvart vassmolekyl er det fire nære nabomolekyl plasserte som hjørna i eit tetraeder. Geometrisk liknar dette diamantstrukturen. (Wikipedia commons.)



Figur 3. Trykk-temperatur-fasediagram for H_2O . Figuren viser trykk-temperatur-områda for væskefasen og 10 faste faser. Den heksagonale Ih-fasen svarar til figur 2. (Etter D.D. Klug, Natl. Res. Council, Ottawa.)

Metan, CH_4 , karbontetrahydrid, er ein gass ved vanleg trykk og temperatur, smeltepunkt $-182,5^\circ\text{C}$ og kokepunkt $-161,5^\circ\text{C}$. Vi skal avgrense oss her til å drøfte hydrat av metanet. Metan-molekylet har form som eit tetraeder med C i sentrum og H-ane i tetraederretningane $109,3^\circ$ frå kvarandre. Når molekylet kan rotere fritt, opptrer molekylet som om det er kuleforma. Metan er hydrofobt, som andre hydrokarbon, dvs. i svært

liten grad blandbart med flytande vatn, mindre enn 25 mg CH₄ per kg H₂O ved 20 °C og atmosfærestrykk. Det svarar til eitt CH₄-molekyl per 3500 H₂O-molekyl. Generell formel for hydrokarbona (blir gjerne kalla parafin) er C_nH_{2n+2}, der $n = 1$ svarar til metan, $n = 2$ svarar til etan, osv. Høge n -verdiar er bensinfraksjonar, som er flytande ved vanleg trykk og temperatur, t.d. $n = 8$ er oktan. Dei er som kjent lite blandbare med vatn. Grunnen til det er at det er energetisk gunstigare for hydrokarbonmolekyla å ha kontakt med "sine egne" elektrisk upolare molekyl enn med dei elektriske dipolane som H₂O-molekyla er. Men i hydrata er det andre mekanismar som trer i funksjon.

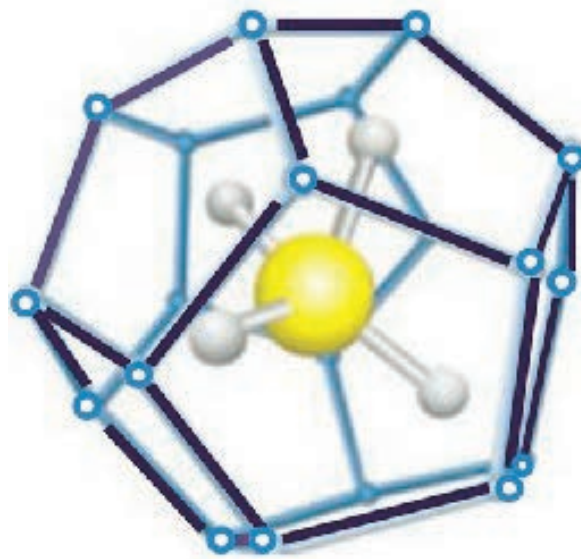
Gasshydrat

Alle material er som kjent oppbygde av atom og molekyl. Vi talar om *reine stoff* når byggeelementa er molekyl av same slag. Har materialet mange ulike molekyl, har vi å gjere med *blandingar*, *legeringar*, *kompleksar*, *inklusions-* og *interkalerte materiale* eller *klatratar*. Klatratar blir også kalla *gjestvert-materiale*. Gasshydrata tilhører denne siste kategorien. Dei eksisterer ikkje i flytande form, for det oppstår ikkje kjemiske bindingar mellom gjestmolekylet metan og vertmolekylet vatn, som vi nettopp såg. Med dei små mengdene metan som kan bli løyst i vatn, vil dei få enkeltmolekyla fordele seg vilkårlig i vatnet, sperra inne her og der mellom vassmolekyl.

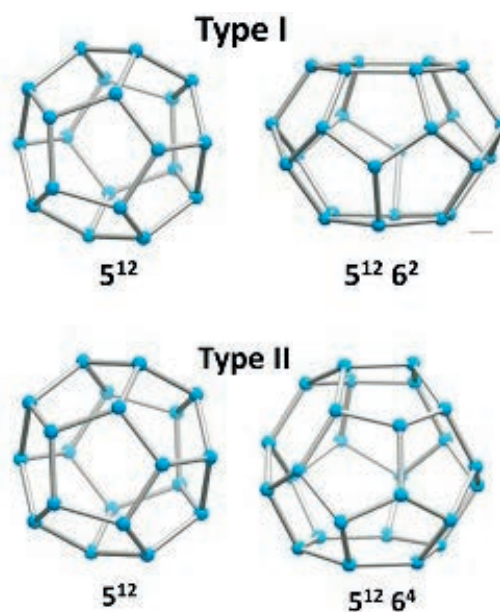
Gasshydrat eksisterer berre i fast form. Krysallstruktur vart fastlagt med røntgendiffraksjon alt på 1950-talet.⁽³⁾ Metankonsentrasjonen kan bli opp mot 600 gonger større i metanhydrat enn i flytande vatn. Det som skjer i fast form er at gjestmolekyla blir kapsla inn av isstrukturen på ein systematisk og regelmessig måte. Innskapslinga går føre seg mens den faste fasen blir danna; H₂O-molekyla "vev" så å seie sitt nettverk av hydrogenbindingar kring individuelle gjestmolekyl mens storkninga finn stad. Slik blir det danna eit byggverk av små "holrom" eller "bur" i is-gitteret, med plass til ein gjest i kvart bur. Det ferdige byggverket er krystallinsk med eigenskapar som har mykje til felles med is.

Det er ikkje lett å få til ein tydeleg illustrasjon av strukturen av gasshydrata. Inklusionsbura har former som vist i figur 4, og ei repeterande eining i strukturen er illustrert i figur 5. Metanhydrat førekjem i to variantar, kalla type I og type II, med litt ulike burtypar, vist skjematisk i figur 4. I kvart hjørne i polyedra som utgjør bura,

er det eit vassmolekyl med hydrogenbindingar i retning mot nabohjørna, analogt til isstrukturen vist i figur 2. Polyedret 5¹² er eit dodekaeder, som har 12 femkantsider. 5¹²6² blir kalla tetradekaeder. Det har to sekskantar i tillegg til 12 femkantar. Desse to typar bur, kalla "lite bur" og "stort bur", inngår i hydratet av type I, illustrert i figur 4. Hydrat av type II har ein tredje sort bur, 5¹²6⁴ i tillegg til dodekaedret, og strukturen er endå meir komplisert. I type I er der to små og seks store bur for kvar repeterande del av det krystallinske gitret, bygd opp av 46 vassmolekyl. For type II er der 16 små og 8 store bur i einingar som har 136 vassmolekyl.



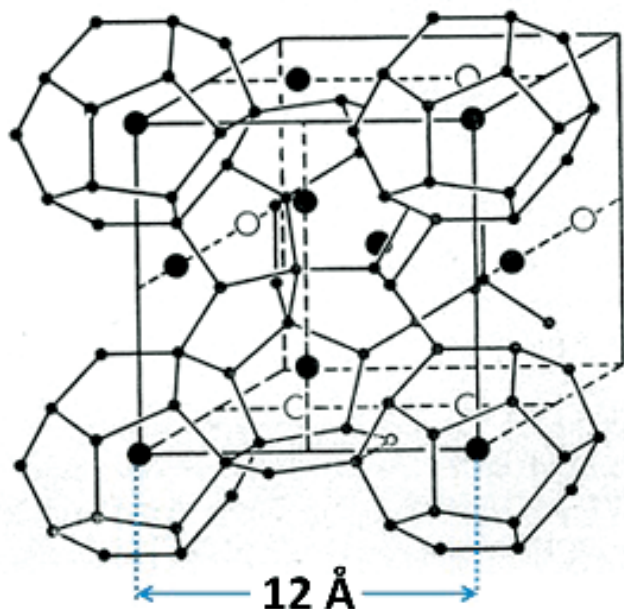
Figur 4A. Eit dodekaeder (5¹²-polyeder) med eit CH₄-molekyl i. Effektiv indre bur-radius er 3,9 Å.



Figur 4B. Polyederbur av H₂O-molekyl ved hydrat av type I og type II, forklart i teksten. (Etter K.C. Janda, Univ. California, Irvine.⁽⁴⁾)

Når der er gjestemolekyl i alle bura, har type I i gjennomsnitt $5 \frac{3}{4}$ H₂O molekyl for kvart gjestemolekyl. For type II blir talet $5 \frac{2}{3}$. Med kubiske repeterande einingar for type I med kubekant 12 Å ($12 \cdot 10^{-10}$ m) gir det densitet 918 kg/m³, som er nesten identisk med densiteten til is ved 0 °C. I praksis vil der vere ein del tomme bur, men oftast er det gjester i 80–90 % av bura.

Ved atmosfæretrykk skjer danninga av hydrat ved temperaturar < 0 °C. Høgre trykk kan gi hydrat ved høgre temperaturar, som ein kan lese ut av figur 6. Ved 0 °C trengst trykk > 2 MPa (≈ 20 atmosfærar ≈ 200 m vass-søyle) for å få hydratdanning ($1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2$). Det betyr at for at hydrat skal vere stabile ved 10 °C, må trykket vere > 7 MPa, altså at havet må vere meir enn 700 m djupt for å ha stabile hydrat på havbotnen.



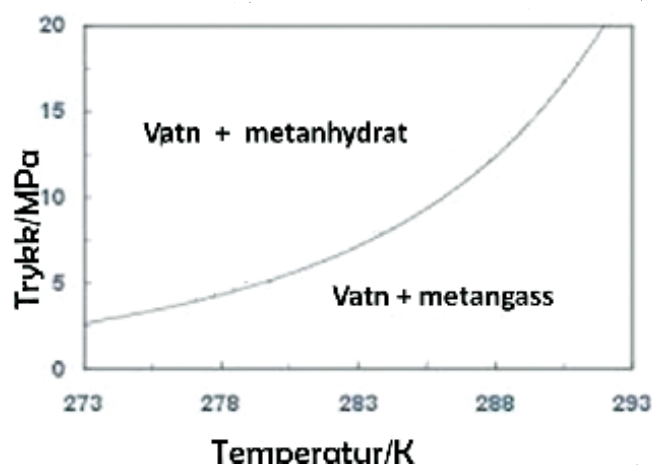
Figur 5. Ei kubisk repeterande eining av hydrat type I med indikerte bur. Små punkt: H₂O-molekyl. Store punkt: Gjestemolekyl, t.d. CH₄. Figuren viser berre bura i forgrunnen for å gjere bildet oversiktleg. 5^{12} -polyeder (dodekaedra) i kubehjørna; $5^{12}6^2$ -polyeder (tetradekaeder) på sideflatene. (Etter Stackelberg og Müller, Wiley-VCH Verlag.⁽³⁾)

Fysiske eigenskapar for hydrat

Metanhydrat ser ut som snø. Ein kan framstille krystallinsk hydrat kunstig i laboratorier, så fysiske eigenskapar kan bli målt. Jamvel enkeltkrystallar er blitt framstilt av somme hydrat. Densiteten er omtrent som for is, som vi har sett. Elastisitetsmodulen er også omtrent som for is. Lydfarten for skjerbølgjer (dvs. bølgjer der utsvinget er loddrett på utbreiingsretninga) er målt til om lag 1,8-2,0

km/s, og for kompresjonsbølgjer (utsving i utbreiingsretninga) i området 3,3–3,8 km/s, også nokså likt med is ved 0 °C (1,85 og 3,83 km/s), noko som fortel at gjestemolekyla spelar ei underordna rolle for lydforplantinga, som altså skjer i hovudsak gjennom hydrogenbindingsgitret av H₂O-molekyl.

Også termisk utvidingskoeffisient er nokså lik verdien for is (kring $56 \cdot 10^{-6}$), mens varmeleiingsevna er betydeleg lågare enn for is med ein faktor 4,5, og har ein verdi nær verdien for flytande vatn (0,5 W/m K). Dette indikerer at krystallgitret i hydratet er betydeleg mindre perfekt enn i is. Røntgendiffraksjonsstudier bekreftar dette. Varmeleiingsevne er generelt knytt til i kva grad



Figur 6. Utsnitt av trykk-temperatur-likvektediagram for vatn-metan-blanding. Høgre trykk gir hydrat ved høgre temperaturar. (Etter data frå Institute of Petroleum Engineering, Edinburgh.)

påført endring av vibrasjonar av molekyla på ein kant av prøva evnar å forplante seg gjennom prøva til motsett kant. I mindre perfekte krystallar vil vibrasjonane fortare bli dempa eller spreidde ut, og såleis gi dårlegare varmeoverføring. I godt samsvar med dette er det faktum at hydratet også er målt til å vere meir *kompressibelt* enn is, slik at også for denne eigenskapen liknar hydratet meir på flytande vatn.

Metanhydrat som ressurs

Det er blitt gjort estimat over kor store førekomstane kan vere av gasshydrat på jorda. Truleg finst det mykje større gassreservar i form av hydrat enn som andre former av gass- og oljeførekomster. Kjente førekomstar er i permafrost i nord, slik som i Sibir og Alaska, på havbotnen på overgangen mot kontinenta, på botnen av store innsjøar, og under isen i Antarktis. Permafrost er

estimert å svare for kring 1 % av alt metanhydrat, og grunne havbotnar kring kontinenta for 4-5 %, slik at 95 % er å finne på store havdjup (> 1000 m) og under Antarktis-isen.

Ein har ikkje utvikla metodar for å få gassen opp på ein trygg og kontrollerbar måte. Ein kan jo ikkje berre hente hydratet opp frå reservoara, for metanet blir frigjort så snart trykket letnar og temperaturen stig. Forsøk er i gang med å pumpe CO₂-gass inn i hydratlaga. Karbondioksidmolekyl kan også inngå i hydrat, og slik erstatte metanet, som då vil bli utveksla og bli frigjort.

Her i landet er det eit større forskingsprosjekt under namnet CAGE (*Centre for arctic Gas Hydrates*) i gang ved Geologisk institutt, Universitetet i Tromsø, i samarbeid med Norges geologiske undersøkelse (NGU). CAGE har status som "Senter for framrakande forskning" og vart opna i november 2013. Prosjektet skal mellom anna følgje utviklinga over tid av metan frå kjente hydratførekomstar i havet vest for Svalbard. Ein veit at metangass blir frigjort her, noko som kan tolkast som at endringar er i gang på havbotnen i Arktis. Eit viktig poeng blir vel å finne ut om kor snøgt endringane skjer, og ved det kunne gi eit bilde av om metanfrigjeringa er ein "gamal" eller "ny" prosess.

Metanhydrat som faremoment

Metan er ein drivhusgass med 20–30 gonger større effekt på klimaet og global temperatur enn karbon-dioksid. Derfor kan det vere grunn til å bekymre seg for eventuell massiv smelting av permafrost og for betydeleg auke av temperaturen i verdshava. Ei slik utvikling vil kunne føre til frigiving av metan. CAGE-prosjektet vektlegg dette aspektet.

At det lek ut metan heile tida frå metanhydratlagra er sikkert og visst. Nokre stader kan utsleppet ha vore i form av små eksplosjonar eller store boblar, noko holet i jorda vist i figur 1 kan vere eit eksempel på. Her måler ein også at metankonsentrasjonen er høg inne i holet. Akkurat den detaljerte mekanismen for korleis desse hola har oppstått, er forskarane enno ikkje einige om. Det øvste jordlaget er ikkje slengt langt utover, slik ein skulle vente etter ein eksplosjon; det ligg heller som ein markert voll rundt holet, som ei stor boble relativt roleg kan ha pressa opp. Uansett reknar forskarane med at dei metanmengdene som dei tre hola eventuelt har frigjort, er små i ein global målestokk.

Metan blir elles sleppt ut i atmosfæren frå mange ulike kjelder. I følgje rapport frå *US Geo-*

logical Survey (USGS)⁽⁵⁾ er 34 % naturlege kjelder som sumpland (21 %), hav og ferskvatn (4 %), insekt (8 %), og 1,6 % frå metanhydrat. Av meir menneskekontrollerte prosessar kjem 14,5 % frå drøvtyggande dyr og 20 % frå rismarker. Andre kjelder rapporten nemner er biomasse og brann (10 %) landfyllingar (8 %), kolutvinning (7 %) og gassproduksjon (7 %).

Kor stor er eigentleg framtidig trussel frå metanhydrat? Kanskje ikkje så stor som mange fryktar, for skal ein tru vurderingane til USGS, er faren liten for at metanfrigjering skal finne stad som ein stor, brå katastrofe.⁽⁵⁾ Rapporten peikar på at permafrost og grunne sjøar og havdjup (på 200–500 m) inneheld ein mindre del av hydratet på jorda, og at mesteparten av hydratet er godt skjerma på store havdjup. Frigjeringa vil måtte skje over lang tid, tusenvis av år, og levetida for metan i atmosfæren er dessutan begrensa, hevdar dei i rapporten.

Hydrat på andre himmellekamar

Det er sikker kunnskap om at vatn og karbohydrat også finst på andre himmellekam i solsystemet vårt. Sikrast kjenner ein til slik sameksistens på Saturn-månen Titan. Der er temperaturen under -170°C , og sjøar av metan og etan er påviste. "Berggrunnen" på Titan er ikkje silikat som på jorda, men is av vatn. At der også er hydrat på Titan, er høgst sannsynleg. Også Saturn-månen Enceladus, som har ein vulkan av vatn, metan, CO₂ og nitrogen, kan innehalde gasshydrat.

Ein annan kandidat er Jupiter-månen Europa. Her er det samanhengande islag over måneoverflata, truleg med flytande vatn under. Om hydrokarbon er påvist der, veit eg ikkje. Jupiter sjølv består av hydrogen og helium i gassform, med små mengder av metan i tillegg. På Mars er det truleg is av vatn i grunnen nær polane, og der er små mengder metan påvist i atmosfæren. Men om der er større mengder metan i grunnen veit ein lite om. Kometar består av stein og is, og mange organiske sambindingar er påviste, mellom anna metan og etan. Om kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko har hydrat vil kanskje avklarast av romfartøyet Rosetta som etter planen skal lande ein sonde der 12. november i år.

Referansar

1. <http://www.Siberiantimes.com/science>. 17.07.2014 og 23.08.2014

2. Katia Moskvitch: *Mysterious Siberian crater attributed to methane*. *Nature* **511**, doi: 10.1038 2014. 15649 July (2014)
3. M. von Stackelberg og H.M. Müller: *Feste Gashydrate II*. *Zeitschrift für Elektrochemie* **58**, Nr. 1, 25 (1954)
4. <http://ps.uci.edu/solar/kcjanda/research/gas-hydrate-structure>
5. C. Ruppel og D. Noserale, USGS: *Why a methane catastrophe is unlikely*. *Sound Wave Newsletters* May-June (2012)

∞

Beregningsbasert mikroskopi

Dag W. Breiby *

Lysmikroskopi i naturfagundervisning er for mange en inngangsport til senere studier i vitenskap og teknologi. Det er påfallende hvor små endringer standard lysmikroskop har hatt siden det første ble konstruert for rundt 400 år siden. Derfor er det ekstra interessant at mange forskningsgrupper nå arbeider aktivt med miniatyrisering av mikroskop, og hvordan oppløsning og kontrast kan bedres radikalt i samspill med datamaskiner.

Innledning

Avbildningsteknologi har hatt en enorm betydning for en rekke andre vitenskaper som astronomi, fysikk, biologi og medisin, og påvirker også i stor grad vår kultur, i våre dager kanskje især gjennom spredning av digitale bilder på internett. Enkle luper, og senere mer sofistikerte mikroskop, har vært brukt av biologer siden 1600-tallet, se figur 1. Lys er elektromagnetiske bølger, og lysmikroskop er basert på at brytningsindeksen til glass utnyttes i nøyaktig tilslippte linser for å modifisere bølgefronten til lyset på ønsket måte.

I våre dager kan både absorpsjonen, fasen, polarisasjonen og den diffuse spredningen til lyset benyttes i ulike avbildningsmetoder. Det har lenge vært etablert "sannhet" at kvaliteten til et bilde avhenger utelukkende av egenskapene til den optiske strålegangen. Med andre ord, avbildning har vært *hardwarebegrenset*, og mange forskere

har viet sin karriere til å redusere problemer med aberrasjoner og stabilitet i mikroskopi. Kanskje aller viktigst, fysikeren Ernst Karl Abbe publiserte sine betraktninger om diffraksjonsbegrenset oppløsning i 1873, hvor han utledet at den best mulige oppløsningen er gitt ved omtrent halve bølgelengden, for vanlig lys omlag 200 nm. Denne grensen ble derfor lenge ansett som en fundamental barriere, og utviklingen av røntgen- og elektronmikroskop var opprinnelig motivert kun ut fra at deres kortere bølgelengder gir bedre oppløsning. De siste årene har det skjedd en *digital revolusjon*, ikke bare for opptak og lagring av bilder, men også for selve *avbildningsprosessen*, og dette er temaet for denne korte oversikten.

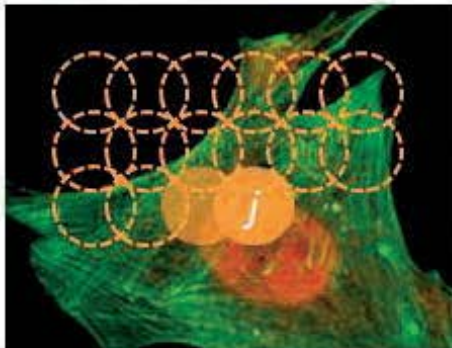


Figur 1. Skisse av mikroskop fra 1600-tallet. Belysningsanordning ses til venstre, og sylinder med okular og objektivlinse til høyre.

* Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim.

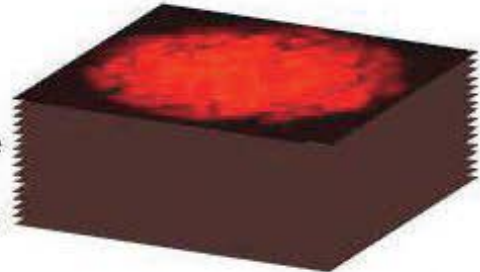
Ptychografi – en diffraksjonsavbildningsteknikk

Måleprosedyre:



ψ_j er fasefeltet for eksponering j .

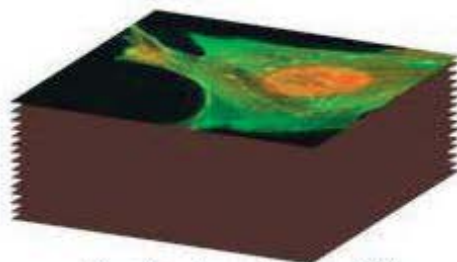
Hvert belyst område
bidrar til et sett av
 N diffraksjonsbilder.



$$I_j = |\text{F.T.}(\psi_j)|^2$$

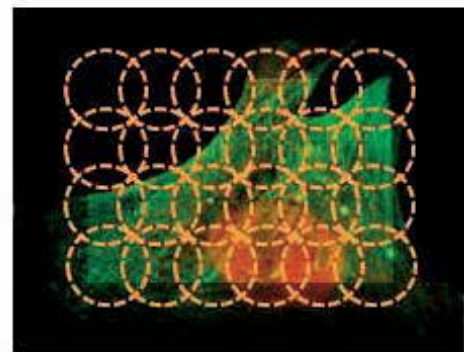
Matematisk:
Diffraksjon modelleres v.h.j.a. Fouriertransform F.T.

Numerisk rekonstruksjon:



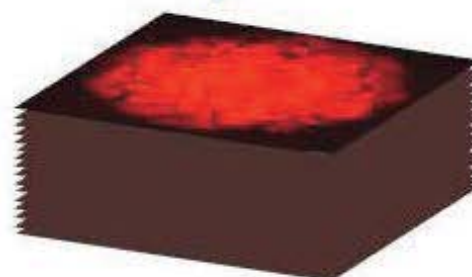
N rekonstruerte fasefelt

Sett sammen,
bruk gjennomsnitt
ved overlapp.



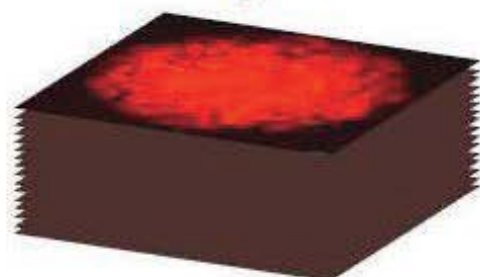
Rekonstruert fasefelt, /te iterasjon.

Beregn
invers F.T.



N «diffraksjonsbilder»
(amplitude og fase)

Beregn
F.T. for hvert
område



N «diffraksjonsbilder»
(amplitude og fase)

Erstatt beregnede
amplituder med
de målte (I_j).

Figur 2. Skjematisk framstilling av numerisk algoritme for rekonstruksjon av bølgefelt. Ved å fouriertransformere gjentatte ganger mellom reelt og resiproktt rom, og å påtvinge fysiske rimelige tilleggsbetingelser (her overlapp), konvergerer det komplekse bølgefeltet ψ slik at både amplituden og fasen blir tilgjengelig.

Ptychografi

Et bølgefelt ψ har som kjent både amplitude A og fase ϕ , i kompleks notasjon $\psi(\mathbf{r}) = A(\mathbf{r}) \exp(i\phi(\mathbf{r}))$. Det såkalte *faseproblemet*, som også er velkjent fra krystallografi, er at for optiske frekvenser klarer detektorer kun å måle intensiteter, $I \sim |\psi|^2 = |A|^2$. Om man skal klare å måle fasen, må dette derfor gjøres indirekte ved for eksempel interferometri.

Robuste algoritmer for å rekonstruere fasefeltet numerisk er blitt utviklet de siste ti-årene, alle fundert på en forutsetning om koherent stråling, dvs. stråler med samme frekvens og retning, slik at man alltid har ett og samme faseforhold mellom dem. Gerchberg-Saxton-algoritmen⁽¹⁾ er en klassisk strategi, hvor man vekselvis krever at modellen gir de riktige målte intensitetene i fourierrommet, og at den oppfyller fysisk rimelige betingelser i det reelle rommet, se illustrasjon i figur 2. Et eksempel på en slik betingelse kan være at amplituden til en plan bølge skal være uendret etter at bølgen har gått gjennom et tomt rom.

Professor John M. Rodenburg og medarbeidere tok dette fagfeltet et langt skritt videre da de demonstrerte, riktignok med røntgenstråling, at man kan gjøre høyoppløst mikroskopiavbildning av i prinsippet vilkårlig store objekter uten å bruke objektivlinse.⁽²⁾ Dette oppnås ved å bruke en smal stråle som belyser en liten del av prøva, og å gjøre en serie diffraksjonsmålinger. Prøva flyttes vinkelrett på strålen mellom hver eksponering, dog slik at det er overlap av de belyste områdene på prøva mellom naboeksponeringer. Ved å kreve at det rekonstruerte objektet i overlappsområdet skal være det samme for naboeksponeringene, fås avbildningsmetoden kjent som *ptychografi* (fra gresk *ptych* — å folde, *grafi* – tegning), se figur 2. Det må understrekes at algoritmen er robust og konvergerer uten tilleggsinformasjon om prøva. Et annet viktig poeng er at det er svært vanskelig å lage gode linser for røntgenstråling, så at man kan gjøre avbildning uten linser er gode nyheter for høyoppløst røntgenmikroskopi.

Anvendelser

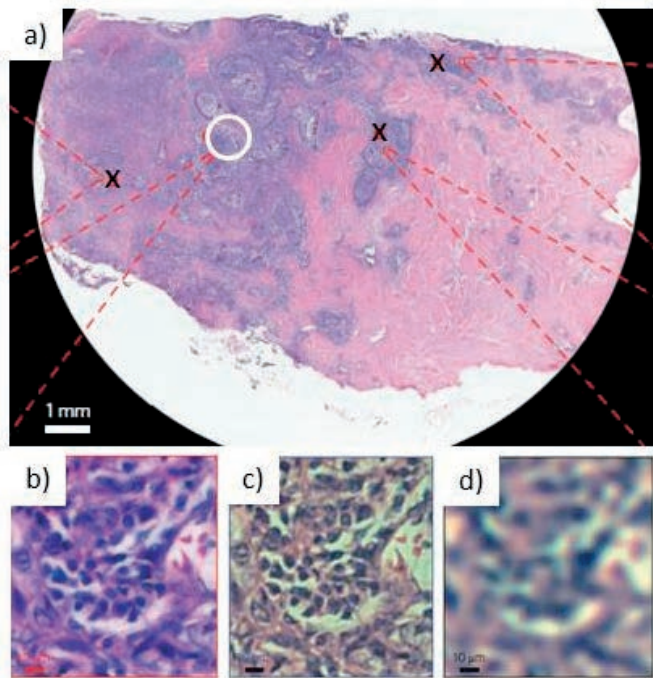
Ptychografi har fått stor oppmerksomhet, og finnes allerede i en rekke versjoner. En modifikasjon Zheng og medarbeidere har bidratt med, er å gjøre foldingen i det resiproke rommet istedenfor i det reelle.⁽³⁾ Deres metode har fått navnet ”*Fourier ptychografi*”, og er basert på et tradisjonelt mikroskop der den

tradisjonelle prøvebelysningen er blitt erstattet av et brett med svakt koherente lysemitterende dioder (LED), se figur 3. For hver enkelt LED kommer lyset inn på prøva fra en bestemt kjent retning. Ved å ta et lav-oppløst bilde for hver LED sekvensielt, får man et stort datasett som med algoritmer beslektet med de som er skissert ovenfor (overlappbetingelsen byttes med et krav om konsistens for ulike belysningsvinkler) kan brukes til å regne ut fasefeltet, og dermed numerisk komme fram til *ett* høyoppløst mikroskopibilde.



Figur 3. Bilde av mikroskop utstyrt med LED-belysning. Ved å ta en serie lavoppløste bilder med forskjellige LED-lamper tent, fås et datasett som ved hjelp av numeriske algoritmer kan settes sammen til et høyoppløst bilde.⁽³⁾ (Gjengitt med tillatelse fra Nature Publishing Group).

For å få en idé om hvor lovende fourier-ptychografi er, er det instruktivt å se nærmere på dataene Zheng presenterer, se figur 4. Objektivlinsen som ble brukt hadde forstørrelse 2x og gav et synsfelt på 120 mm², og det rekonstruerte bildet hadde en pikselstørrelse på 0,275 μm, dvs. det enkelte mikroskopet har levert et bilde med nærmere 10⁹ piksler! For tilsvarende oppløsning med et standard mikroskop trengs en 20x objektivlinse, men da på bekostning av at synsfeltet vil være redusert til typisk 1,1 mm². Ikke overraskende er Zhongs mikroskopimetode svært interessant for en rekke anvendelser, ikke minst innen biologi, hvor levende bakterier, celler og lignende raskt kan bevege seg ut av synsfeltet. Også innen patologi er det ofte krav



Figur 4. a) Numerisk rekonstruert gigapiksel-bilde av patologisk prøve, med synsfelt på hele 1,2 cm². b) Detalj fra området i den hvite sirkelen i a). c) Standard 20x mikroskopibilde av det samme området som i b) gir tilsvarende oppløsning, men med et synsfelt begrenset til den hvite sirkelen. d) Standard lavoppløst mikroskopibilde av det samme området, målt med 2x objektivlinse. Et sett slike lavoppløste bilder er utgangspunktet for rekonstruksjonen vist i a) og b).⁽³⁾ (Gjengitt med tillatelse fra Nature Publishing Group.)

om høy oppløsning kombinert med store tverrsnitt.

Såkalt *point-of-care-diagnose* og *-behandling* er avgjørende, ikke minst i utviklingsland, for å spare reisetid og penger. Med teknologien beskrevet i denne artikkelen, ser man blant annet for seg at man utnytter regnekraften og kameraet som sitter i moderne mobiltelefoner. Kombinert med litt billig tilleggsutstyr, typisk en egnet prøveholder, en liten ekstern koherent lyskilde (f.eks. en laserdiode) og en skreddersydd "app", er det allerede blitt demonstrert at man i felten kan undersøke om vann inneholder parasitter.⁽⁴⁾ Å kunne sjekke hudflekker for kreft er et annet eksempel på mulig framtidig anvendelse.

Det må nevnes at det også innen fluorescensmikroskopi har skjedd store framskritt som har medført at man kan gjøre avbildning med en oppløsning minst en størrelsesorden bedre enn Abbes diffraksjonsgrense.⁽⁵⁾ Eric Betzig, Stefan W. Hell og William E. Moerner er årets nobelprisvinnere i kjemi, og Hell er også en av årets kavliprisvinnere i nanovitenskap for dette gjennombruddet.

Den økte oppløsningen er her basert på at man binder fargestoffer ("dyes") inn i materialene man ønsker å studere, f.eks. kreftceller, og at man ved hjelp av laserlys kan kontrollere hvorvidt fargestoffene er optisk aktive eller ikke. Denne metoden er ekstremt viktig for moderne bio- og nanoforskning, men den forutsetter altså at objektet som skal avbildes må modifiseres.

Ved vår forskningsgruppe ved NTNU har vi arbeidet med røntgenbasert ptychografi de siste årene. Målingene er gjort ved *Swiss Light Source* i Zürich, og vi har bl.a. vist at vi kan gjøre ikke-destruktiv 3D-avbildning, såkalt *tomografi*, av fukttinntrengning i silkefibre.⁽⁶⁾ I andre studier har vi sett på nanopartikler ved høy temperatur (ca. 650 °C), og på mekanisk deformasjon og påfølgende brudd i mikropartikler. Dette har bidratt til å vise at koherent røntgenmikroskopi ikke kun er brukbart til "proof-of-principle-studier", men allerede er et egnet verktøy for avanserte materialstudier.

Avslutning

Nye algoritmer, kombinert med billig regnekraft og billige kamera, åpner for høyoppløst mikroskopi, hvor som helst og når som helst, bokstavelig talt som "lab on a chip". Ved å ha skaffet oss full tilgang til både fasen og amplituden til bølgefeltet, står optikk foran en revolusjon. Framtidig avbildning og mikroskopi synes for mange anvendelser å være begrenset av programvare og oppfinnsomhet, snarere enn av dyrt, plasskrevende og følsomt optisk presisjonsutstyr.

Referanser

1. R.W. Gerchberg og W.O. Saxton: *A practical algorithm for the determination of the phase from image and diffraction plane pictures*. Optikk **35**, 237 (1972)
2. J.M. Rodenburg, A.C. Hurst, A.G. Cullis, et al.: *Hard-x-ray lensless imaging of extended objects*. Physical Review Letters **98**, 034801 (2007)
3. G. Zheng, R. Horstmeyer, C. Yang: *Wide-field, high-resolution Fourier ptychographic microscopy*. Nature Photonics **7**, 739–745 (2013)
4. S.O. Isikman, W. Bishara, U. Sikora, O. Yaglidere, J. Yeah og A. Ozcan: *Field-portable lensfree tomographic microscope*. Lab on a Chip, **11**, 2222–2230 (2011)

5. S.W. Hell, J. Wichmann: *Breaking the Diffraction Resolution Limit by Stimulated-Emission – Stimulated-Emission-Depletion Fluorescence Microscopy*. *Optics Letters* **19**, 780–782 (1994)
6. M. Esmaeili, J.B. Fløystad, A. Diaz, K. Høydalsvik, M. Guizar-Sicairos, J.W. Andreasen og D.W. Breiby: *Ptychographic X-ray Tomography of Silk Fiber Hydration*. *Macromolecules* **46**, 434–439 (2013)

∞

Fysikknytt

Eksotisk partikkel funnet

Eksistensen av en eksotisk partikkel er bekreftet ved hjelp av LHC-akseleratoren ved CERN.

LHCb-kollaborasjonen annonserte 8. april i år at den hadde bekreftet eksistensen av en eksotisk partikkel som trolig består av fire kvarker.

Ifølge den tradisjonelle kvarkmodellen består partikler som virker på hverandre med den sterke kjernekraften, og kalles hadroner, enten av to kvarker (mesoner) eller av tre kvarker (baryoner). Partikler som vekselvirker sterkt, men ikke består av to eller tre kvarker, kalles eksotiske partikler.

Frem til 2003 var det observert over 100 forskjellige hadroner som alle var enten mesoner eller baryoner. Men i 2003 oppdaget den internasjonale BELLE-kollaborasjonen som bruker KEKB-akseleratoren i Japan, et partikkelsignal som så ut til å komme fra en partikkel med fire kvarker.

Det er senere oppdaget flere slike eksotiske partikkelkandidater. Men det er først med de nye resultatene fra LHC at eksistensen av en slik partikkel, kalt $Z(4430)^-$ er hevet over tvil. Betegnelsen skyldes at den har massen 4430 eV, dvs. at den har godt og vel fire protonmasser og er negativt ladd. Observasjonsdataene for denne partikkelkandidaten som man hadde oppnådd ved hjelp av LHC, var over ti ganger så omfattende som alle de tidligere dataene for $Z(4430)^-$ til sammen. Dette gjorde det mulig ikke bare å heve statusen for kandidaten til en bekreftet partikkel, men også å bestemme mange av egenskapene til partikkelen. Den består med stor sannsynlighet av to kvark-antikvarkpar, nemlig en sjarmkvark og en anti-sjarmkvark samt en nedkvark og en anti-oppkvark. Siden den består av fire kvarker kalles den en tetrakvark.

Forskerne er begeistret. Eksistensen av den første eksotiske partikkelen er bekreftet. De regner med at flere vil komme. Teoretikerne har allerede satt seg til datamaskinene for å gjøre beregninger og undersøke om det er gunstige forhold for eksistensen av slike partikler i det indre av nøytronstjerner.

Øyvind Grøn

∞

Hva skjer

Fysikkolympiaden 2014

Den 45. Internasjonale fysikkolympiaden ble avviklet i juli 2014 i Kazakhstans hovedstad Astana. Hver av de 86 deltakende nasjonene kan ha med inntil fem deltakere. Selve konkurransen går over to dager. Først én dag med tre teoretiske oppgaver som til sammen gir inntil 30 poeng, og så én dag med eksperimentelle oppgaver som gir inntil 20 poeng.

Det norske laget

Deltakerne fra Norge var i år: Kristoffer Engedal Andreassen fra St. Olav vgs. i Stavanger, Eivind Eide fra Oslo Katedralskole, Peter Flydal fra Kristelig gymnasium i Oslo, Audhild Høgåsen fra Lillehammer vgs. og Anders Johansson fra Valler vgs. i Bærum.



Figur 1. De norske deltakerne (fra venstre): Peter Flydal, Audhild Høgåsen, Kristoffer Engedal Andreassen, Anders Johansson og Eivind Eide.

Uttakingen av laget begynner høsten før finalen, der alle elever i videregående skoler inviteres til å delta. Denne gangen var det omtrent 1300 elever med i denne første runden. De 60–70 beste av disse blir invitert til andre runde med litt vanskeligere oppgaver. De 20 beste fra andre runde får så et én-ukers kurs på Fysisk institutt på Blindern, som avsluttes med uttaking av de fem som skal representere Norge i finalen. Dette siste kurset er helt nødvendig da pensum i finalen omfatter en god del mer enn det som undervises i norske videregående skoler.

Ledernes oppgaver

De medfølgende lederne var i år Thomas Frågåt fra Jessheim vgs. og Øyvind Guldahl fra Persbråten vgs.

Dagen før hver prøvedag samles lederne fra de deltagende nasjonene for å diskutere de foreslåtte oppgavene og oversette dem til eget språk. Diskusjonen og finpussing av oppgavetekstene tar alltid lang tid, og mesteparten av natta går med før alt er klart.

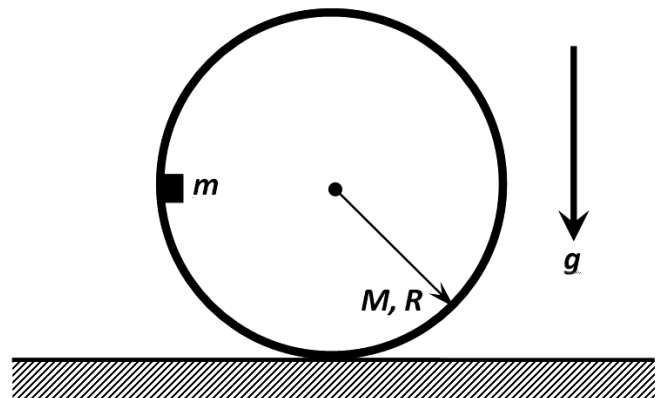
Etter hver prøvedag rettes oppgavene av både ledere og lokale sensorer før disse til slutt møtes for å bli enige om poengene. De 8 % beste får gullmedalje, de neste 17 % får sølvmedalje, de neste 25 % får bronsemedalje og de neste 17 % får hederlig omtale. Den nederste tredelen får ingen plassering.

Vanskelige oppgaver

At oppgavene i år var uvanlig vanskelige, ser vi av poenggrensene. 9,15 poeng (av 50 mulige) var nok til å få hederlig omtale. En av våre deltakere, Eivind Eide, oppnådde dette med sine 11,5 poeng. Gullmedaljene startet på ca 28 poeng, og beste deltaker (fra Kina) fikk 41,6 poeng. Tidligere år har flere deltakere fått 50, eller tett oppunder 50 poeng.

Den første oppgaven finalistene fikk, besto av tre deler. Den første, Del A, var en klassisk mekanikkoppgave som vi gjengir her.

En liten puck med masse m blir forsiktig plassert på innsiden av en tynn, hul sylinder med masse M og radius R . Sylindren ligger på et horisontalt plan, og pucken er til å begynne med plassert i høyden R over planet, som figur 2 viser. Finn kraften F mellom pucken og sylindren i det øyeblikket pucken passerer det laveste punktet i banen. Anta at det ikke er noen friksjon mellom pucken og



Figur 2. En hul sylinder med masse M og radius R ruller uten å gli på et horisontalt underlag. Den lille massen m glir uten friksjon på innsiden av sylindren.

den indre flaten av sylindren, og at sylindren ruller på planet uten å gli. Tyngdeakselerasjonen er g .

Del B var om en vibrerende såpeboble, og Del C var en sammenkopling av to svingekretser med kondensatorer og spoler.

Den andre oppgaven dreide seg om *van der Waals tilstandslikning* og hvordan den beskriver både gassfase og væskefase.

Den tredje oppgaven handlet om elektriske utladninger i gasser og hva som skal til for å opprettholde en kontinuerlig utladning.

Den eksperimentelle oppgaven var bl.a. en undersøkelse av fenomenet dobbeltbrytning ved hjelp av to kryssede polarisasjonsfiltre.

Alle oppgavene med løsninger finnes på <http://ipho2014.kz/>

Utvide pensum?

Finaleoppgavene har ofte inneholdt elementer som ligger utenfor, eller på kanten av, det oppsatte pensum for finalen. Slike oppgaver er ofte allikevel blitt godkjent. En komité har arbeidet med dette, og la nå fram et forslag til nytt pensum med en lang rekke tillegg og presiseringer. Diskusjonen om dette vil fortsette de kommende årene.

I mange land er fysikkolympiaden forbundet med mye prestisje, og de flinkeste fysikkelevene får langvarig spesialopplæring med sikte på denne finalen. Det kan være en fare for at pensum og oppgaver i for stor grad tilpasses disse elevene.

Ikke bare fysikk

Finalen i fysikkolympiaden er uansett en stor opplevelse for deltakerne. Det legges bevisst opp til sosiale aktiviteter der elevene får anledning til å bli kjent med ungdom med samme interesser fra hele verden. Våre deltakere gir likelydende uttrykk for sine opplevelser. Audhild Høgåsen sier det på denne måten:

”Jeg hadde en helt fantastisk tur til Astana, Kazakhstan. Det internasjonale miljøet på IPHO var helt unikt, og vi ble kjent med studenter fra hele verden. Vi tok en tur med elvebåt med laget fra Australia, spilte Set med Israel, spiste på pizzeria med Nederland (pizza med hestekjøtt, vel å merke!), prøvde ut spansk kunnskapene med Mexico og utvekslet flagg-pins med Pakistan. Vi spilte fotball mot Canada, beundret de mange enorme bildene av president Nazarbajev med Nepal, lærte bort norske sanger til Portugal, forsøkte å snakke engelsk med Russland (uten hell) og danset gagnar style med Sør-Korea. Å få være del av et slikt internasjonalt miljø var spennende, og ekstra spesielt i disse dager med mye uro rundt om i verden. Å sitte midt blant nærmere 400 andre studenter og prøve seg på utfordrende oppgaver var også en stor opplevelse. For ikke å glemme halvtimen før konkurransen startet, da de fleste satt alvorlig i egne tanker utenfor prøvelokalet, mens vi fra den norske laget satte i gang med ”En elefant kom marsjerende”-sangen med tilhørende dans for å lette på nervene. Dette ble for øvrig tatt godt i mot, og flere deltagere fra ulike land slang seg med. Denne reisen ga meg ny kunnskap (om fysikk, språk, kultur, religion og kortspill!), nye venner, en (enorm) haug med bilder og uforglemmelige minner.”

Neste fysikkolympiade (IPhO 46) skal arrangeres i Mombay i India 5.-12. juli 2015.

Øyvind Guldahl

∞

Nytt fra NFS

Det lille fysikermøtet 2014

Det lille fysikermøtet fant i år sted på Høgskolen i Oslo og Akershus, avdeling Kjeller, 19.–20. juni. Jon Samseth var lokal arrangør og hadde sørget for et innholdsrikt og interessant program. Han ble assistert i programkomiteen av Åshild Fredriksen.

Møtet startet etter lunsjen kl. 12, som ble span-dert av Høgskolen. De ti deltakerne ble ønsket velkommen av instituttleder Gunnar H. Gundersen, som ga en interessant introduksjon om høgskolens Institutt for produktdesign med påfølgende omvisning i skolens verksteder og utviklingslaboratorier med til dels svært avansert teknisk utstyr. Vi fikk vite at det skal arrangeres en større utstilling til våren med lys som tema, og det ble notert at den vil passe perfekt i sammenheng med markeringen av *Year of Light 2015*.

Deretter gikk turen til Justervesenet, der vi fikk en meget instruktiv omvisning ved Hans Arne Frøystein og andre fagfolk. Den omfattet blant annet en introduksjon om Norges bidrag til ”*Co-ordinated Universal Time*” (UTC), samt et kort innblikk i hvordan vektorer blir kalibrert her til lands. For en samling fysikere var synet av norsk tid og den norske kilogramprototypen gripende.

Resten av ettermiddagen gikk med til et styremøte, før vi spiste en meget velsmakende middag på Fagerborg hotell.

Om formiddagen 20. juni startet møtet på UNIK, der Åsmund Sudbø ga et interessant overblikk over historikk og organisering av Universitetsstudiene på Kjeller, før vi gjennomgikk årsmøtesakene med Åshild Fredriksen som møteleder og Kjersti Gausvik som sekretær.

Årsberetning og regnskap ble godkjent under forutsetning av godkjenning fra revisor. Budsjettet ble også diskutert og vedtatt. Balansen mellom utgifter og inntekter er i dag ikke bærekraftig. Styret ble bedt om å arbeide med å styrke inntektene til Selskapet. Det ble vedtatt å øke abonnementsprisen for Fra Fysikkens Verden til 200 kr, samt å øke kontingenten for kollektive medlemmer til 3000 kr fra og med 2015.

Videre ble årsplanen diskutert. På programmet for neste årsmøteperiode står markering av *International Year of Light 2015* og *Nordic Physics Days 2015* i Trondheim, der Asle Sudbø er ansvarlig leder

for arrangementskomiteen.

Arbeidet med OCR-skanning av FFV, som muliggjør tekstsøk, er godt i gang. Hittil er årgangene tilbake til 1986 lagt ut på nettet. Ambisjonen er å få skannet så mange årganger som mulig. Are ble bedt om å fortsette med dette arbeidet.

Rekrutteringsarbeidet blir særlig viktig i tiden framover, og Åshild og Kjersti ble bedt om å utarbeide rekrutteringsmateriell og gjøre framstøt overfor bedrifter og institusjoner som kan være interessert i kollektivt medlemskap i NFS.

Årsmøtet utpekte også enstemmig et nytt æresmedlem for utnevning på årsmøtet under *Nordic Physics Days 2015*.

UNIK sto for lunsjserveringen, og etterpå viste Erik Marstein oss rundt på Institutt for Energiteknikk. Spesielt vakte deres bidrag til utvikling av solceller stor interesse, der de i sitt solcellelaboratorium har installert en dedikert linje for produksjon av silisiumbaserte solceller. Deres spesielle teknikk for å fange inn sollyset i tynne lag av silisium kan bidra til signifikant økning av effektiviteten til solceller. – Møtet ble avsluttet kl 15.

Åshild Fredriksen

∞

Bokomtale

Øystein Elgarøy: *Astronomi – en kosmisk reise*. Universitetsforlaget 2014, ISBN 978-82-15-02222-2 (286 sider), Innbundet 499 kr.

Dette er en bok skrevet for et innføringskurs i astronomi og astrofysikk for studenter uten spesielle forkunnskaper. Boken kan også leses av legfolk som en populærvitenskapelig innføring i astronomi.

Boken har 17 kapitler. Etter to innledende kapitler om hva astronomi og astrofysikk er, samt en veiviser til stjernehimmelen, kommer tre kapitler om astronomiens historie. Her er mye verdifull og interessant informasjon. Så kommer et kapittel om fysikken i astrofysikk. Her omtales Newtons mekanikk, termodynamikk, elektrisitet og magnetisme, stråling og optikk, relativitetsteori samt kjerne- og partikkelfysikk. Avsnittene gir gode innføringer i temaene, og er skrevet på en lettfattelig måte. Her kan leserne lære mye fysikk på 25 sider.

Etter et kapittel om teleskoper kommer en fire kapitlers gjennomgang av solen og solsystemet, naturlig nok ganske summarisk siden det i vår tid finnes et helt reservoar av informasjon og bildemateriale om blant annet planetene og månene i solsystemet. Informasjonen i Elgarøys bok kommer på en oversiktlig, systematisk og godt skrevet måte.

I kapittel 12 får vi en innføring i utviklingen av stjerner. Den er på 25 sider, konsist skrevet og gir god innsikt i temaet.

Vi får så et kapittel om eksoplaneter, dvs. planeter utenfor solsystemet, og jakten på liv der. Dette er et fascinerende tema, der det har vært enorm fremgang de siste årene, ikke minst takket være NASA sin Kepler-satellitt som har oppdaget over 2000 eksoplaneter. Å prøve å finne ut om det er liv andre steder i universet enn på jorden, har vært et av motivene for NASA de siste årene for å bruke så mye penger på romfart.

Kapittel 15 er om vår hjemlige galakse, Melkeveien, fulgt opp av et kapittel om galakser i sin allminnelighet. Boken avrundes med et kapittel om kosmologi.

Jeg liker denne boken godt. Den er oversiktlig strukturert. Det er lett å forstå teksten. Samtidig er det forklaringer – ikke bare beskrivelser i boken. Jeg setter også pris på at Elgarøy har tatt med noen likninger som gjør det lettere å forstå teksten. Ja, det er faktisk slik av og til at en likning kan fortelle vel så mye som en rent verbal fremstilling.

Jeg tror denne boken er et godt bidrag til folkeopplysning for den delen av befolkningen som er opptatt av å etablere et realistisk verdensbilde. Min gratulasjon til forfatteren for vel utført arbeid!

Øyvind G. Grøn

∞

HUSK Å BETALE
KONTINGENTEN!

Professoroppyrk ved NTNU

Førsteamanuenser i fysikk ved NTNU som har fått professoroppyrk:



Ragnvald Mathiesen, materialfysikk, opprykk fra september 2012.



Jacob Linder, teoretisk fysikk, opprykk fra september 2013.



Dag Werner Breiby, materialfysikk, opprykk fra september 2013.

∞

Trim i FFV

Løsning på FFVT 2/14

Taxfree

I oppgaven var Ola, Ole og Olai, sammen med ektefellene Anna, Anne og Anni, på taxfreeinnkjøp. Hver person kjøpte bare én type ting, og så mange av dem som prisen var i kroner. Ole kjøpte 23 ting mer enn Anna, og Ola kjøpte 11 ting mer enn Anne. Hver mann betalte 63 kr mer enn ektefellen. Hvem var gift med hvem?

Ved å kjøpe like mange ting som prisen var i kroner, vil ethvert av innkjøpene være et kvadrattall i antall kroner. For hvert ektepar vil 63 være differansen $n_h^2 - n_d^2$ mellom to kvadrattall,

$$63 = n_h^2 - n_d^2 = (n_h - n_d)(n_h + n_d),$$

der indeksene h/d betegner herre/dame. ($n_h - n_d$) er en faktor i 63, en faktor som må være 1, 3 eller 7. (Større enn 7 kan den minste av de to faktorene ikke være.) Hvis $n_h - n_d = 1$, må vi ha $n_h + n_d = 63$, som tilsvarende $n_h = 32$ og $n_d = 31$. Hvis $n_h - n_d = 3$, må vi ha $n_h + n_d = 21$, som tilsvarende $n_h = 12$ og $n_d = 9$. Hvis derimot $n_h - n_d = 7$, må vi ha $n_h + n_d = 9$, som tilsvarende $n_h = 8$ og $n_d = 1$. Det ene ekteparet kjøpte altså 32 og 31 ting, det andre 12 og 9 ting, og det tredje 8 og 1 ting.

Da Ole kjøpte 23 ting mer enn Anna, må Ole ha kjøpt 32 ting og Anna 9. Og da Ola kjøpte 11 ting mer enn Anne, må Ola ha kjøpt 12 ting og Anne 1. Oles kone, som kjøpte 31 ting, kan bare være Anni. Og Annes mann, som kjøpte 8 ting, kan bare være Olai. Ekteparene er altså Ole og Anni, Olai og Anne, og Ola og Anna.

FFVT 3/14

Falskmynteri

En falsk mynt M er kastet inn i en pose med 100 identiske ekte mynter. Bestem om M er lettere eller tyngre enn en ekte mynt ved bare to veiinger med en likearmet skålvækt!

∞

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

B



NORGE P.P. PORTO BETALT

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, møtereferater 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 en spaltebredde på 8,6 cm. De 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 artikkelen. De må være teknisk gode og lette å forstå.

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:

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

Visepresident:

Professor Are Raklev
Fysisk institutt, UiO
e-post: a.r.rachlow@fys.uio.no

Styremedlemmer:

Forsker Thomas Gjesteland
Inst. for fysikk og teknologi, UiB
Førsteamanuensis Børge Hamre
Inst. for fysikk og teknologi, UiB
Professor Jan Petter Hansen
Inst. for fysikk og teknologi, UiB
Professor Håvard Helstrup
Høgskolen i Bergen
Professor Eli Olaug Hole
Fysisk institutt, UiO
Professor Jon Samseth
Høgskolen i Oslo og Akershus, Lillestrøm
Lektor Morten Trudeng
Asker videregående skole

Selskapets sekretær:

Studiekonsulent Kjersti Gausvik
Inst. for fysikk og teknologi, UiT,
Pb. 6050 Langnes, 9037 Tromsø,
e-post: nfs@fys.uio.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Professor Øyvind Grøn
Høgskolen i Oslo og Akershus, og
Fysisk institutt, UiO
e-post: oyvind.gron@hioa.no
Professor Emil J. Samuelsen
Inst. for fysikk, NTNU
e-post: emil.samuelsen@ntnu.no

Redaksjonssekretær:

Karl Måseide
Fysisk institutt, UiO
e-post: k.a.maseide@fys.uio.no

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 Morten Førre
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

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