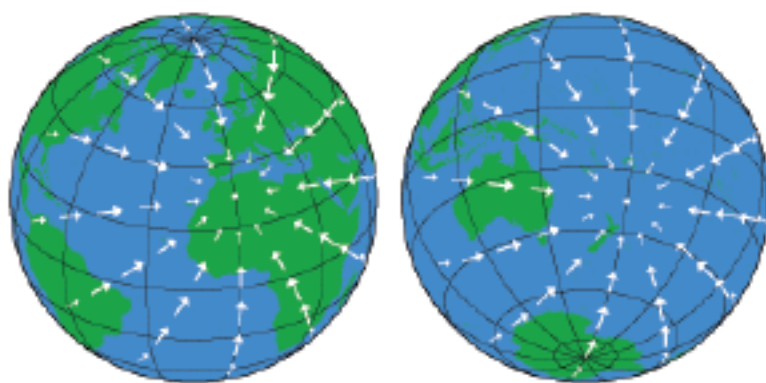


Fra Fysikkens Verden



Tidevannskrefter når månen står over Nord-Afrika
(Se artikkel om tidevannet)

Nr. 1 – 2010
72. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øyvind Grøn
Marit Sandstad

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Bjørn Gjevik:	
Tidevannet	6
K.D. Knudsen og O. Steinsvoll:	
Spallasjonskilden ESS.	12
Lillian Smestad:	
Gigantiske eksperimenter	21
Fra Redaktørene	2
Ny fysikk i 2009	
Nytt fra NFS.	2
Endringer i NFS og FFV	
In Memoriam.	3
Ragnvald Høier	
FFV Gratulerer	4
Jakob Sandstad	
Indeks 2009	17
Fysikknytt	24
Supraleiende materiale	
Bokomtale	27
Walter Isaacson: Einstein...	
Hva skjer	28
NORDITA til Stockholm	
Birkelandbilde på Norwegian-fly	
Konferanse om fysikkundervisning	
Nye Doktorer.	31
PhD Sebastian R. Bablok	
PhD Amund Brautaset	
PhD Lucio Calise	
PhD Geir Ersland	
PhD June Lunde	
PhD Rachid Maad	
PhD Raymond Nepstad	
Trim i FFV	34
Retting: Kvinneandelen i fysikk. ...	35
Nytt fra NFS	35
Nye medlemmer	

Fra Redaktørene

Hva brakte 2009 av ny fysikk?

Tidsskriftet *Science* har under overskriften "2009 Science of the year: Atom & Cosmos samt Matter & Energy" listet opp 43 nyheter, 20 om materie og energi, 18 om astronomi og 5 andre.

At det er mange astronomiske nyheter er en tendens som kommer til å fortsette. På grunn av alle romobservatoriene over atmosfæren er mennesket nå for første gang i stand til å observere universet over hele det elektromagnetiske spekteret. Vi er ved starten av en stor oppdagerperiode i vår utforskning av universet. Nummer en av de astronomiske nyhetene for 2009 i listen til *Science*, er den utvetydige oppdagelsen av is på månen.

Som den viktigste fysikknyheten i 2009 fremheves et gjennombrudd i en utvikling som sikter mot å konstruere programmerbare kvantedatamaskiner. Dette kan føre til en ny dataevolusjon og bli av enorm praktisk betydning. Men fortsatt gjenstår mye forskning og utvikling før kvantedatamaskinen blir allemannseie.

Det neste forskningsområdet som fremheves er mikroskopisk "entanglement", der kvantemekanikken igjen har en sentral rolle. Videre framheves det at man har greid å detektere en enslig toppkvark, ikke bare par av toppkvarker. Det er også kommet forslag til hvordan man kan lage en kvantemotor.

De to store mysteriene består: Hva er den mørke energien som utgjør 70 % av all energien i universet, og den mørke materien som det er fem ganger så mye av som vanlig materie laget av protoner, nøytroner og elektroner? En av 2009-nyhetene nevnt i *Science* er en mulig, men foreløpig svært usikker, oppdagelse av en type partikler kalt WIMPs (*Weakly Interacting Massive Particles*) som kan utgjøre den mørke materien. Foreløpig er ikke dataene gode nok til at partiklenes eksistens aksepteres som sikker. Som Carl Sagan sa: "*Extraordinary claims demand extraordinary evidence.*"

Når det gjelder den mørke energien som skal være ansvarlig for at universets ekspansjon øker farten, har vi ikke noe direkte bevis for dens eksistens. Men, for igjen å sitere Carl Sagan: "*Absence of evidence is not evidence of absence.*"

Øyvind Grøn

∞

Nytt fra NFS

Endringer i NFS og FFV fra 2010

Norsk Fysisk Selskap

Ny president: professor Per Osland,
Institutt for fysikk og teknologi, UiB.

Ny visepresident: professor Åshild Fredriksen,
Institutt for fysikk, UiT.

Nye styremedlemmer:

Professor Jon Otto Fossum,
Institutt for fysikk, NTNU.

Professor Håvard Helstrup,
Høgskolen i Bergen.

Professor Ola Hunderi,
Institutt for fysikk, NTNU.

Postdoktor Erik Malinen,
Radiumhospitalet, Oslo.

Fra Fysikkens Verden

Ny redaktør: stipendiat Marit Sandstad,
Institutt for teoretisk astrofysikk, UiO,
har overtatt etter Øystein Elgarøy.

Nye medlemmer i redaksjonskomiteen:

Professor Bjarne Stugu,
Institutt for fysikk, UiB,
har overtatt etter Per Osland.

Professor Odd-Erik Garcia,
Institutt for fysikk, UiT,
har overtatt etter Åshild Fredriksen.

Jeg vil herved ønske alle nye styre- og redaksjonskomitemedlemmer velkommen og takke alle de avtroppende for deres innsats. Spesielt vil jeg ønske Åshild og Marit velkomne som henholdsvis ny visepresident og redaktør i FFV, samt takke Øystein for hans innsats i to år.

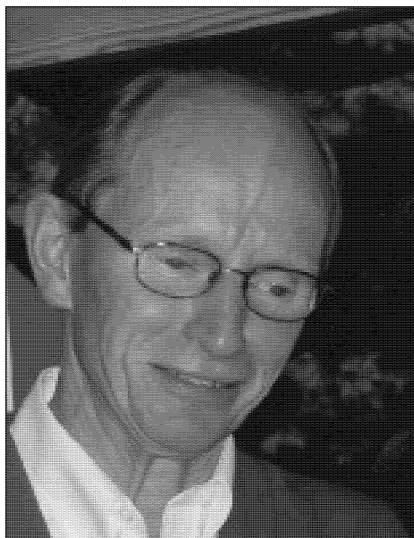
En ekstra stor takk rettes til professor Gunnar Løvhøiden og førsteamanuensis Øyvind Frette for deres innsats som president og visepresident i perioden 2008-2009.

Per Osland
president i NFS

∞

In Memoriam

Ragnvald Høier (1938–2009)



Professor Ragnvald Høier, NTNU, døde 23. oktober 2009, etter lang tids sykdom. Ragnvald Høier ble født 30. november 1938 i Skien. Han begynte ved Universitetet i Oslo (UiO) i 1957 og tok hovedfag (cand.real.) i 1965; tema for hovedoppgaven var knyttet til røntgendiffraksjon, og veileder var Jon Gjønnes. I 1966, etter militærtjeneste, ble Ragnvald stipendiat (vit.ass.) i faststoffgruppa ved Fysisk institutt, UiO, hvor han gjenopptok samarbeidet med professor Gjønnes. Han inntok snart en nøkkelrolle i etableringen av transmisjonselektronmikroskopi (TEM)-laboratoriet ved Fysisk institutt.

Ragnvald var en entusiastisk og grundig eksperimentalist, samtidig som han etablerte en dyp forståelse av den teoretiske bakgrunnen for elektronmikroskopi og diffraksjon. Hans dr.philos-avhandling fra 1973 med tittelen *Investigation of many-beam dynamical diffraction effects in Kikuchi line patterns*, reflekterer hans faglige interesse i elektrondiffraksjon som preget hele hans vitenskapelige karriere. Avhandlingen demonstrerer en inngående forståelse av fagfeltet, og den kan leses med stort utbytte av spesialister innen elektrondiffraksjon også i dag. Hans behandling av dynamiske diffraksjonseffekter hvor han viser at effektene er styrt av noen få viktige stråler, er grunnleggende for feltet kvantitativ konvergent stråle-elektrondiffraksjon (CBED), som utviklet seg på 1980-90-tallet. Hans behandling av vekselvirkningen mellom termisk diffus spredning

og dynamiske diffraksjonseffekter peker seg ut som et genialt bidrag i et intrikat felt.

Under sine studier ved UiO, var Ragnvald sosialt aktiv og hjelpsom overfor medstudenter, tok aktivt del i idrettsaktiviteter (både håndball og fotball) og engasjerte seg i studentpolitiske spørsmål. Han deltok også tidlig på en rekke internasjonale elektronmikroskopikonferanser, hvor han raskt markerte seg.

Ragnvald ble ansatt som førsteamanuensis ved daværende NTH i 1972, og arbeidet der, fra 1983 som professor, helt fram til han gikk av med pensjon på grunn av sykdom i 2003.

I de første 10 årene i Trondheim arbeidet Ragnvald hovedsakelig med røntgendiffraksjon og mangestråle-diffraksjonsteori. I løpet av åttiårene beveget han seg gradvis tilbake til sine "røtter" med elektrondiffraksjon og transmisjonselektronmikroskopi som hovedfokus. I 1987–88 tok Ragnvald sammen med Ola Hunderi og Kristian Fosheim ved Institutt for fysikk, NTNU, initiativet til, og var med på, etableringen av en egen fysikkavdeling i SINTEF, kalt SINTEF Anvendt fysikk. Formålet med å etablere denne nye SINTEF-avdelingen var å bygge bro mellom grunnleggende fysikk og anvendt forskning ved å engasjere seg i forskningsprosjekter av fundamental karakter, men med relevans og nytte for norsk industri.

I årene 1987–88 gjorde Ragnvald også noen andre viktige veivalg som fikk stor betydning for hans videre vitenskapelige karriere, ved bl.a. å tilbringe et sabbatsår hos professor John Spence ved Arizona State University (ASU). Ved ASU arbeidet han sammen med Jian Min Zuo, den gang PhD-student, nå professor ved University of Illinois, på trestråle-diffraksjonseffekter i CBED og anvendelse av disse i bestemmelse av faser for strukturfaktorer. Hans entusiasme og innsikt førte til utviklingen av CBED som den mest nøyaktige metoden for å måle strukturfaktorfasen i ikke-sentrosymmetriske krys-taller. På samme tid tok han også initiativet til å skaffe et nytt TEM dedikert til materialstudier ved Institutt for fysikk, NTNU. En rød tråd i hele Ragnvalds vitenskapelige karriere har vært diffraksjonsteori, elektronkrystallografi og mangestråle-effekter. Ved dette har han videreført en lang og sterk tradisjon i Norge, som har sin opprinnelse hos professor Jon Gjønnes og strukturfysikkgruppa ved UiO.

TEM-gruppa ved NTNU/SINTEF ekspanderte betydelig i løpet av nittitallet under Ragnvalds ledelse. Det ble etablert samarbeid med flere grupper utenfor Institutt for fysikk, inkludert fysikalsk

metallurgi, uorganisk kjemi og fysikalsk elektronikk, og med norsk industri, hvor norsk lettmetallindustri og Hydro Aluminium var den mest dominerende aktøren. Han engasjerte seg i en rekke ulike materialproblemer der TEM kunne være til hjelp og nytte. Et betydelig antall diplomkandidater, PhD-stipendiater og postdoc-kandidater fikk sin opplæring og utdanning i miljøet rundt Ragnvald i denne perioden.

Ragnvald var heller ikke redd for å gi seg i kast med nye utfordringer, og en viktig kompetanse som ble brakt inn i materialfysikkmiljøet på 1990-tallet, var atomistisk modellering. Dette har vist seg som et svært viktig supplement til den eksperimentelle elektronkrystallografiaktiviteten i TEM-gruppa. Arven etter Ragnvald er en robust forskningsgruppe i TEM ved NTNU med et tett og nært samarbeid med SINTEF, i dag organisert som et TEM Geminisenter. Dagens gruppe har aktiviteter i mange retninger, blant annet knyttet til utfellinger i aluminiumslegeringer, katalyse, kvantitativ STEM, karbon-nanorør og andre nanomaterialer, elektronenergitapsspektroskopiskopi (EELS), og elektronstruktur og silisium solcellematerialer.

I løpet av sin akademiske karriere tok Ragnvald også aktivt del i ulike administrative oppgaver i og utenfor NTNU. Han var seksjonsleder ved Fysikkseksjonen ved Allmenavdelingen, NTH, 1978–80, og instituttleder ved daværende Institutt for Røntgenteknikk, 1982–84, og han hadde verv i en rekke styrer og utvalg ved universitetet og Forskningsrådet.

Blant studenter og tidligere doktorgradskandidater vil Ragnvald bli husket som en glimrende foreleser og veileder. Han var genuint interessert i undervisning og la mye energi og tid i å gjøre sin undervisning og sine forelesninger så bra som mulig. Han hadde stort engasjement for sine studenter og medarbeidere, både faglig og personlig, og han var alltid interessert og villig til å hjelpe og å forklare vanskelige problemer. Han var en mild og omgjengelig person og en ekte lagspiller.

Ragnvald Høier etterlater seg kona Aud og to sønner med familier. Det er en fremragende forsker og en usedvanlig dyktig lærer og pedagog som nå har gått bort. Han har betydd mye for utviklingen av elektronmikroskopi og krystallografi i Norge, og for materialfysikkmiljøet ved NTNU. Vi minnes Ragnvald med stor glede og takknemlighet.

Randi Holmestad og Knut Marthinsen

∞

FFV Gratulerer

Jakob Sandstad 90 år



Tidligere førsteamanuensis ved Fysisk institutt, UiO, Jakob Sandstad, fyller 90 år 23. mars.

For mange eldre fysikere fra Universitetet i Oslo står Jakob Sandstad som et forbildelig eksempel på en glimrende foreleser og en faglig dyktig veileder. Etter å ha opplevd noen av Sandstads forelesninger i elektronikk og kretsteknikk fikk studiene ny mening for mange av oss. Han arbeidet i en tid hvor elektronikken var i rask teknologisk utvikling fra rørteknologi via halvlederkomponenter til integrerte kretser. Studentene fikk følge med på denne spennende utviklingen, og Sandstad ga utfordrende hovedfagsoppgaver hvor de siste nyvinninger innen elektronikk skulle prøves.

Sandstad kom fra tidligere NTH, Linje for teknisk fysikk, og ble ansatt som vitenskapelig assistent ved Fysisk institutt, UiO, i 1947. Han ble senere amanuensis og førsteamanuensis, og ble leder for instituttets elektronikklaboratorium. Som leder for elektronikklaboratoriet ble han fort kjent som en dyktig ingeniør som utviklet avanserte måleinstrumenter for de eksperimentelle forskningsgruppene. Hans engasjement for faget kom også til uttrykk gjennom populære foredragserier om elektronikk i regi av Studentenes friundervisning på 50–60-tallet. Sandstad er også kjent for sine mange gode artikler i Store Norske Leksikon. Selv etter at han gikk av med pensjon, deltok Sandstad aktivt i undervisningen. Han ledet regneøvelser og kol-

lokvier i Lineær kretselektronikk til han var 75 år.

Jakob Sandstad er fortsatt frisk og lett på foten, og han har ennå sine faglige interesser i behold. Han er regelmessig innom på Fysisk institutt hver torsdag for å treffe venner og kjente. Da besøker han gjerne også biblioteket, og han har sin faste plass på felleskollokviene.

For mange av oss som fikk gleden av å oppleve Sandstad som veileder vil Oddvar Søråsens omtale være en beskrivelse vi alle kan slutte oss til.

Stein Bergsmark, Universitetet i Agder,

Tore Jønvik, Høgskolen i Oslo,

Torfinn Lindem, Universitetet i Oslo.

∞

Mine beste minner fra studietiden ved Universitetet i Oslo skyldes nettopp førsteamanuensis Jakob Sandstad ved Fysisk institutt. Etter flere semestre ved universitetet med mer generelle innledende kurs, entret jeg en dag auditoriet hvor Jakob Sandstad skulle undervise i Elektronikk og kretsteknikk. Her møtte jeg en mann i hvit frakk og med kraftige briller, og ble slått av en entusiasme og et driv i undervisningen som jeg ikke var vant til og som fascinerte og inspirerte meg mektig. Med stor innsikt og innlevelse underviste Sandstad med hele seg. Tavlebruken var forbilledlig. Tempoet var gjennomgående høyt, og som studenter måtte vi virkelig følge med i svingene. Men han var levende opptatt av, og forsikret seg stadig om, at vi virkelig skjønnte noe. Jeg har ennå glede av notatene fra den tiden.

Da det nærmet seg tiden hvor jeg skulle velge tema for en hovedfagsoppgave, hadde jeg et sterkt ønske om å få Sandstad som min veileder. Jeg var lykkelig den dagen han sa ja til dette. Med sin omgjengelige og fine personlighet preget han miljøet for oss studenter slik at hovedfagstiden ble en svært positiv opplevelse. Sandstad hadde sin utdannelse fra NTH i Trondheim og var ingeniør til fingerspissene, praktisk innrettet og alltid hjelpsom. Han skaffet oss en utmerket arbeidsplass og påså at vi på laben hadde det materiell og de instrumenter vi trengte til enhver tid. Men han var ikke bare praktisk anlagt. Han hadde stor teoretisk innsikt både når det gjaldt faglig bredde og dybde. Det imponerte meg at han på stående fot alltid kunne svare utfyllende på ethvert spørsmål. Innsikten han hadde i sitt fag, gjorde at han både kunne gi oss grundige forklaringer og samtidig vise til praktiske konsekvenser.

Sandstad organiserte studieturer for oss studentene og oppmuntret oss til å delta på eksterne seminarer og foredrag. Et viktig forum var Studiemøtet, men også flere bedrifter ble besøkt. I alle sammenhenger noterte Sandstad flittig på sammenbrettede A4-ark og arkiverte sine notater sirlig i konvolutter med dato og tema. På sitt kontor kunne han derved på kort varsel gjenfinne hovedpunktene for oss i hvilket foredrag det skulle være.

Sandstad var aldri dominerende i sin veiledning. Han ville nødig fortelle oss konkret hva vi skulle gjøre, men oppmuntret oss til selv å tenke og foreslå. Han hadde bl.a. stor glede av at vi som studenter kollokverte nytt fagstoff og fulgte selv ivrig med på dette. Selv den forholdsvis omfattende cand.real.-eksamen, som vi alle gruet oss til, ble en fest under Sandstads kyndige ledelse.

Sandstad åpnet også sitt hjem for oss kandidater. Blant annet ville han markere at vi var kommet i mål. Også etter studietiden har jeg hatt den store glede av mer sporadisk å treffe Sandstad i ulike sammenhenger. Han er alltid like entusiastisk for sitt fag med glimt i øyet, og du føler fortsatt hans interesse og omtanke for deg personlig.

Det er en stor glede for meg å gratulere Jakob Sandstad med de 90 år!

Oddvar Søråsen,
Institutt for informatikk, UiO.

∞



Tidevannet – Et mangfoldig og komplekst fenomen

*Bjørn Gjevik **

Tidevannskraften som flytter vannmassene i havet skyldes tiltrekningskraften mellom månen, sola og jorda. Størrelsen på tidevannskraften er maksimalt bare omkring timilliondeler av tyngdekraften på jordoverflaten. Av dette skyldes ca. 65 % månen og ca. 35 % sola. Selv om tidevannskraften er svært liten har den en stor og synlig virkning på havet.

Innledning

At månen som er gold og livløs, har stor betydning for livet på jorda er det få som tenker på fordi månens virkning er mer indirekte og ikke så åpenbar som solas lys og varme. Månen virker ved tidevannskraften som setter opp kraftige strømmer i verdenshavene – særlig på kontinentalsokkelen og i kystfarvann. Strømmen blander vannmassene slik at næringsstoffer tilføres fra dypet og oksygen fra luften. Det gjør at store mengder med plankton kan vokse og bli til mat for organismer høyere oppe i næringskjeden. Maten samler seg i de sterke tidevannstrømmene slik at disse blir svært rike på fisk. Dette fikk folk til å bosette seg ved slike strømmer allerede i steinalderen, for 5–10 tusen år siden. Arkeologene har funnet mange steinalderboplasser bl.a. ved Fosnstraumen i Nordhordland, Skatestraumen i Sogn og Fjordane og Saltstraumen ved Bodø.

De regelmessige skiftningene i tidevannet mellom høyvann og lavvann som synes å følge månen og solas gang på en intrikat måte, ble tidlig assosiert med tidens flyt, noe som reflekteres i selve navnet på fenomenet. Å kunne forstå og prediktere tidevannet ble en stor utfordring både for praktisk anlagte sjøfarere og for mange kjente naturvitenskapsmenn.

Hvordan forståelsen av tidevannsfenomenenes

mangfoldige aspekter har utviklet seg fra antikken og fram til i dag er derfor en fascinerende del av vitenskapshistorien. Pussig nok har dette vært lite kjent og påaktet i Norge – en sjøfarts-, fiskeri- og oljenasjon hvor en stor del av næringsvirksomhet og verdiskapning er knyttet til havet. En engelsk bok av Cartwright⁽¹⁾ gir en fyldig beskrivelse av hvordan kunnskapen om tidevannet har utviklet seg.

Historisk tilbakeblikk

Allerede i antikken var kjente greske og romerske vitenskapsmenn opptatt av tidevannet, og de spekulerte på hva årsaken kunne være. Nå var tidevannet i Middelhavet forholdsvis svakt og hadde mindre betydning for havneforhold og sjøveis ferdsel. Da var det snakk om langt mer dramatiske effekter i Normandie og langs kysten av England hvor høydeforskjellen på flo og fjære kan bli opptil 15 m. Det er bevart mange angelsaksiske og normanniske beskrivelser fra tidlig middelalder med velfunderte forsøk på prediksjoner av tidspunktene for flo og fjære. De norske vikingene var førsteklasses sjøfolk som hadde gode kunnskaper om tidevannet. Det framgår tydelig av beretningene i "Kongespeilet" som ble forfattet omkring 1230.

Det tok imidlertid flere hundre år før det kom en vitenskapelig forklaring på hvordan måne og sol påvirker havnivået på jorda. Det var den briljante engelske fysikeren og matematikeren Isaac Newton (1642–1727) som gjorde det da han formulerte gravitasjonsloven og derved kunne beregne tidevannskraften. Denne kraften, som er mindre enn en milliontedel av tyngdekraften, kan flytte vannmassene i havet og endog deformere jordkloden litt. Newtons teori ble videreutviklet av flere som kom etter ham. Særlig den franske astronomen og matematikeren Pierre Simon Laplace (1749–1827) ga vektige bidrag. Han formulerte

* Matematisk institutt, Universitetet i Oslo.

de hydrodynamiske likningene som la grunnlaget for nøyaktige beregninger av tidevannet i verdenshavene (se boks). Først etter at datamaskinene kom kunne dette realiseres i full monn. Laplace engasjerte seg også i praktiske prediksjoner av tidspunktene for høy- og lavvann. Han laget prediksjoner for havnebyen Brest i Normandie, basert på lange serier av observasjoner av vannstanden i havna der og de astronomiske parametrene for måne og sol.

Laplaces tidevannslikning

Laplaces tidevannslikning er en vektoriell differensiallikning (1) hvor en dybdemiddel horisontal strømvektor inngår sammen med hevingen og senkningen av havflaten i forhold til middelvannstanden. Likningen uttrykker Newtons lov for vannmassene. I tillegg kommer likning (2) som uttrykker bevarelse av masse. Til sammen kan disse to likningene brukes til å beregne tidevannet i havet.

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} + f \mathbf{k} \times \mathbf{v} = -g \nabla (\eta + \tilde{\eta}) - \frac{c_d}{h} |\mathbf{v}| \mathbf{v} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = \nabla \cdot (\mathbf{v} h) \quad (2)$$

$\mathbf{v}$	strømvektor (dybdemiddel)
η	vertikal forskyvning av havoverflate
$\tilde{\eta}$	potensialet for tidevannskraften (i.e. likevektstidevannet)
h	havdypet
c_d	bunnfriksjonskoeffisient
g	tyngdeakselerasjonen
f	coriolisparameteren
$\mathbf{k}$	enhetsvektor i vertikal retning

De tre leddene på venstre side i likning (1) står henholdsvis for lokal og konvektiv akselerasjon av vannpartiklene og coriolisakselerasjonen på grunn av jordrotasjonen. På høyre side uttrykker gradientleddene trykkforskjeller på grunn av helningen av havoverflaten og tidevannskraftens virkning. Siste leddet på høyre side representerer bunnfriksjonen. Likning (2) uttrykker at dersom det er konvergens eller divergens i strømfeltet må havflaten stige eller synke tilsvarende fordi havet ikke kan trykkes nevneverdig sammen.

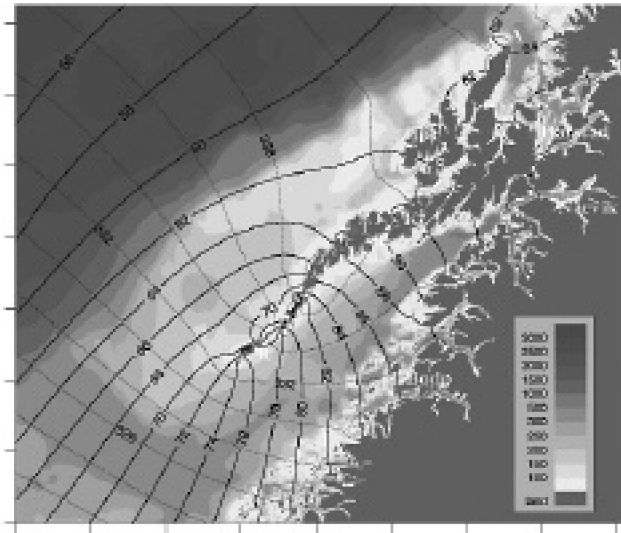
Den kjente britiske vitenskapsmannen Lord Kelvin (1824–1907) gjorde en stor innsats som leder for en gruppe som hadde som oppgave å lage bedre tidevannsprediksjoner for engelske havner. Lord Kelvin baserte prediksjonene på harmonisk analyse. Da brukes lange måleserier av tidevannet til å bestemme amplitude og fase for de grunnleggende astronomiske periodene knyttet til månen og solas bevegelse i forhold til jorda. I 1873 utviklet han sammen med sin assistent, Edward Roberts, en mekanisk regnemaskin for å summere virkningen av de forskjellige harmoniske komponentene som inngikk i beregningene. Regnemask-

kiner av denne typen ble videreutviklet og brukt over hele verden fram til elektroniske regnemaskiner tok over omkring 1970. I tillegg til de tre – Newton, Laplace og Lord Kelvin – bidro mange andre kjente vitenskapsmenn med studier av tidevannets årsak og virkning.⁽¹⁾ Den norske fysikeren Egil Hylleraas, kjent for beregninger av hydrogen- og heliumatomets struktur, bidro med en analytisk løsning av Laplaces tidevannslikning for et idealisert havbasseng.⁽²⁾ Den verdenskjente norske oseanografen Harald U. Sverdrup, påviste hvordan tidevannsstrømmen roterte i retning og varierte i styrke nedover i dypet, ved målinger på kontinentalsokkelen nord for Sibir under Amundsens Maud ekspedisjon 1918–1925. Sverdrup gjorde også beregninger som forklarte målingene som en kombinert virkning av jordrotasjonen og friksjonen på grunn av turbulensen i vannmassene.⁽³⁾ Dette er regnet som et klassisk arbeid innen tidevannslitteraturen.

Ny utvikling

I de senere år har utviklingen særlig skjedd på to fronter. Med større og kraftigere elektroniske datamaskiner er det blitt mulig å simulere tidevannsbevegelsene i havet. Det skjer ved å løse Laplaces originale tidevannslikning, eller modifiserte og videreutviklete utgaver av denne likningen, med numeriske metoder. Løsninger med forholdsvis grov maskeoppløsning er funnet for hele jordkloden og for begrensete kystområder, med maskeoppløsning ned mot 25 m. Det gir detaljert informasjon om hvordan vannstanden og strømforholdene varierer gjennom hele tidevannssyklusen, eksempelvis i området omkring Lofoten (figur 1). Dette tidevannskartet viser at vannstandsforskjeller på opptil 30–40 cm driver de sterke strømmene mellom øyene i Lofoten. Langs faselinjene på kartet er det høyvann eller lavvann til samme tid. Større fasevinkel tilsvarer at tidevannet er forsinket (10° økning tilsvarer 20 min forsinkelse).

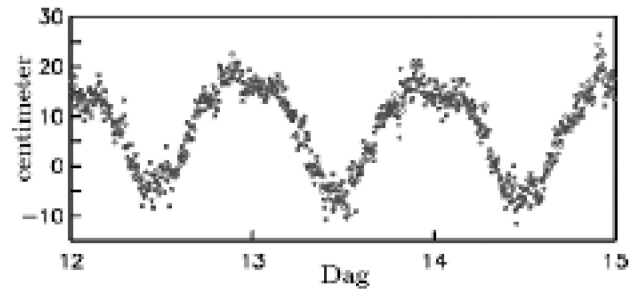
Utviklingen av måleteknikk i tilknytning til romfarten har gjort det mulig å måle vannstands- endringer ute på åpent hav med en nøyaktighet ned mot 1 cm. Dette skjer ved hjelp av såkalte altimeter (høydemålere) plassert på satellitter. De sender pulser av mikrobølger med flere frekvenser (f.eks. 5,3 og 13,6 GHz) ned mot havflaten. Satellittenes høyde over jordas sentrum finnes ved et omfattende system av jord- og satellittbaserte peilestasjoner hvor både laserstråler, radarsignaler med kort bølgelengde (mikrobølger) og avansert GPS (Global



Figur 1. Tidevannskart for Lofoten og Vesterålen for den største halvdaglige tidevannskomponenten (M_2). Det tilsvarer vannstanden ved middels stor flo mellom spring og nipp. Heltrukne linjer er nivålinjer for vannstand med merker fra 56 til 90 cm over middelvann. Svakere stiplede linjer er faselinjer merket med fasevinkler fra 326° til 338° . Kabelvåg (K), Røst (R), Tangstad (T), Stokmarknes (S) og Andenes (A) er avmerket med bokstavkoder. Gråtoner angir havdyp i meter etter skala. Avstanden mellom merkene på kanten av kartet er 50 km. Maskeoppløsningen i modellen er 500 m (Fra Moe et al., 2002).⁽⁷⁾

Positioning System) inngår. Fra gangtiden for det reflekterte signalet fra altimetret, kan så avstanden mellom satellitten og havflaten beregnes. Tidligere var det vanskelig og kostbart å måle vannstandsendringer ute på åpent hav. Tidevannet var derfor hovedsakelig kjent fra målinger i havner langs kysten. Satellittene Topex/Poseidon og liknende systemer, er blitt en viktig målemetode for å skaffe informasjon om havnivået og tidevannet i verdenshavene. Foreløpig har en bare forholdsvis korte serier med slike data. Nøyaktige GPS-målinger kombinert med VLBI (Very Long Baseline Interferometry) har også gjort det mulig å måle "tidejord", dvs. deformasjonene av selve jordkloden på grunn av tidevannskraften (figur 2).

Norske firma har utviklet altimeter for å måle vannstandsendringer fra oljeplattformer, og akustiske strømmålere basert på dopplerforskyvning, for å måle tidevannsstrømmene i havet. Miro i Asker, Nortek i Bærum og Aanderaa i Bergen, er på en imponerende måte blitt verdensledende innen utviklingen av slikt måleutstyr.



Figur 2. Vertikalbevegelse av jordbunnen på grunn av tidevannskraften (i centimeter) i forhold til et valgt nullpunkt. Målingene ble gjort fortløpende med GPS i Bergen 12. til 15. mai 2005, hvert femte minutt. Serien utgjør 864 målepunkter (ringer). (Data fra Statens kartverk/Oddgeir Kristiansen.)

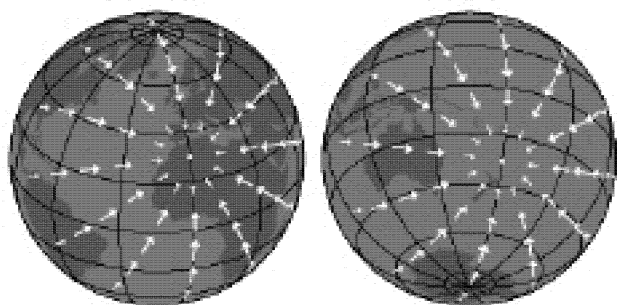
Tidevannskraften og havets respons på den

Gravitasjonskraften mellom jorda og månen utgjør et kraftpar. Én kraft tar tak i jordas massesenter og trekker jorda mot månen. Den andre, som er like stor og motsatt rettet, tar tak i månesentret og trekker månen mot jorda. Slik styres månens og jordas bevegelser i forhold til hverandre. Månen beskriver en nesten sirkulær bane omkring jorda. Sentret for denne bevegelsen er systemets massesenter som ligger inne i jorda i en avstand av en kvart jordradius fra overflaten. Ser en på jorda for seg får jordsentret en akselerasjon, eller hastighetsendring, rettet mot månen.

For oss som bor på jorda og observerer tilværelsen herfra, vil denne akselerasjonen virke som en *fiktiv kraft*, en *sentrifugalkraft*, i motsatt retning av månen. En ting som ligger i ro på et glatt horisontalt underlag upåvirket av friksjon eller andre krefter, vil synes å bevege seg som om den var påvirket av denne fiktive kraften. I virkeligheten er det underlaget som beveger seg mens tingen ligger i ro. Størrelsen av den fiktive kraften avhenger av massen som kraften virker på og den akselerasjonen som månens tiltrekningskraft gir sentrum av jorda. Denne kraften vil virke likt over hele jorda. Dette bildet er viktig for å forstå kraften som skaper tidevannet.

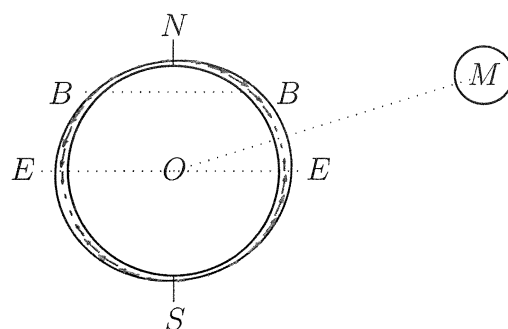
La oss nå tenke oss en fullstendig glatt jordklode dekket av et sammenhengende hav uten landkontinenter og med samme havdyp overalt. På den siden som vender mot månen vil vannmassene i havet være påvirket av en direkte tiltrekningskraft fra månen som er litt større enn den fiktive kraften. Det er fordi avstanden til månen her er litt kortere enn

fra sentrum av jorda. Summen av disse to kreftene vil derfor gi en liten resultantkraft som peker mot månen. På den motsatte siden av jorda vil tiltrekningsskraften fra månen være litt mindre enn den fiktive kraften. Det skyldes at avstanden til månen her er større enn fra jordas sentrum. Til sammen vil det gi en liten resultatkraft som peker bort fra månen. Resultatkraften vil altså virke slik at vannmassene i det idealiserte havet som vi har forestilt oss, blir drevet mot et punkt rett under månen og mot et punkt på motsatt side av jorda i forlengelsen av linjen mellom månen og jorda. Denne kraften er det som skaper tidevannet og derfor kalles *tidevannskraften* (figur 3).



Figur 3. Tidevannskraften virker mot et punkt rett under månen og samtidig mot speilpunktet på baksiden av jorda. Her vises komponenten av tidevannskraften langs jordoverflaten når månen står rett over et punkt i Nord-Afrika og høyt på himmelen i Norge. Kraftfeltet vil flytte seg vestover etter hvert som jorda roterer. Feltet ser likedan ut når månen står på baksiden av jorda, rett over speilpunktet nord for New-Zealand.

Mange sier at de intuitivt kan forstå at vannmassene på den siden som vender mot månen blir trukket i den retningen noe sterkere enn ellers på jorda. At vannet også samler seg på den andre siden av jorda synes de derimot er langt vanskeligere å begripe. Forklaringen er at siden disse vannmassene er lengre fra månen, blir selve jorda trukket litt sterkere mot månen enn vannet på baksiden. Det blir så å si hengende igjen og samler seg på baksiden av jorda. Denne utbulingen av den idealiserte havflaten kalles *likevektstidevannet*, og det ble tidlig beregnet ved hjelp av Newtons teori. Ved full- eller nymåne utgjør utbulingen omlag 40 cm over middelvann i punktet rett under månen og i speilpunktet på andre siden av jorda. Samtidig er det lavvann med omlag 20 cm under middelvann langs en stor-sirkel rundt jorda midt mellom de to nevnte punktene (figur 4).

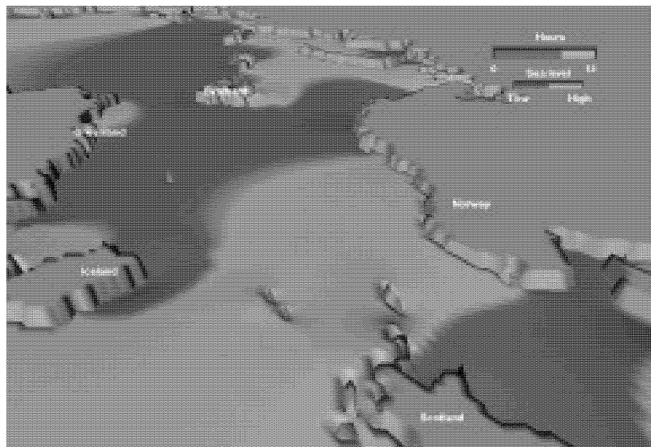


Figur 4. Skjematisk skisse av formen på havflaten i likevektstidevannet dersom jorda var dekket av et sammenhengende hav uten kontinenter som momentant innstiller seg etter kraften (piler). *N* og *S* betegner henholdsvis nord- og sørpol. Figuren viser situasjonen når månen (*M*) står over ekvatorplanet (*E-E*). Likevektstidevannet er symmetrisk om linjen *OM*. Skjevheten i tidevannets høyde langs breddegraden *B-B* gir den daglige ulikheten i tidevannet (se hovedteksten). Jord og måne er tegnet i tilnærmet riktig størrelsesforhold, men avstanden mellom dem er sterkt forminsknet. I virkeligheten er avstanden omlag 30 ganger jordas diameter.

Tidevannskraften kan deles i en komponent normalt på jordoverflaten og en annen komponent langs jordoverflaten. Det er den siste som skyver på vannmassene i havet og slik skaper flo og fjære. Figur 3 viser bare kraftens komponenter langs jordoverflaten. Komponentene normalt på jordoverflaten vil virke sammen med tyngdekraften. De små variasjonene i tyngdekraften som oppstår vil være med på å deformere hele jordkloden slik at den får en svakt flattrykt form. Den endrer seg i takt med månens bevegelse. Dermed får en ikke bare tidevann i havet, men også "tidejord" med målbare deformasjoner av det som vanligvis regnes som den faste jord (figur 2).

Det er viktig å være klar over at likevektstidevannet er en *idealisering* som egentlig bare gjenspeiler hvordan tidevannskraften varierer på jordoverflaten (figur 4). I mange lærebøker blir det feilaktig skapt inntrykk av at likevektstidevannet viser tidevannskraftens *respons* i verdenshavene. I de virkelige verdenshavene, som er delt opp av landkontinenter, og hvor dybdeforholdene er svært forskjellige, vil tidevannet bli langt mer komplekst enn det idealiserte likevektstidevannet. Tidspunktet for flo og fjære vil blant annet forsinkes i forhold til månens gang fordi det tar tid å flytte vannmassene i havet. Det skyldes at tidevannsbølgene går med en viss fart rundt i havbassengene, og at farten avhenger av dybdeforholdene. Det behøver derfor ikke å bli flo rett under månen slik som i

likevektstilfellet. Forsinkelsen av høyvann i forhold til månens gang og likevektstidevannet, kan uttrykkes ved *havnetiden*. Hvor mye det virkelige tidevannet kan avvike fra likevektstidevannet i Norskehavet får en inntrykk av ved å se på figur 5. Den



Figur 5. Tidevannsbølgen kommer inn i Norskehavet og Barentshavet fra Atlanterhavet. Høyvann er med lys og lavvann med mørk farge. Bildet viser at samtidig med at det er høyvann på Vestlandet og nordover til Lofoten, er det lavvann utenfor kysten av Troms og Finnmark. Det er også lavvann i Nordsjøen og i Skagerrak. (Bildet er hentet fra en animasjon som kan lastes ned fra nettsiden www.math.uio.no/tidepred.)

viser at når det er høyvann på Vestlandet og i Skagerrak er det lavvann i Troms og Finnmark. Samtidig står månen nesten i samme himmelretning over hele Norge. Derfor kan ikke likevektstidevannet forklare forskjellen vi ser mellom Vestlandet og Finnmark. Tabell 1 viser størrelsen på det astronomiske tidevannet ved forskjellen på høyeste høyvann (HAT) og laveste lavvann (LAT), samt havnetid, for noen steder langs kysten.

Tabell 1. Forskjellen på høyeste astronomiske høyvann og laveste lavvann samt havnetid for noen steder langs norskekysten.

Sted:	Oslo	Bergen	Trondh.	Kirkenes
Forskjell på høy- og lavvann (m)	0,72	1,80	3,46	3,93
Havnetid (t:min)	5:06	10:08	11:16	5:48

I tillegg til det astronomiske tidevannet kommer værrets virkning på vannstanden. Under stormflo i Oslofjorden kan vannstanden stige nesten 2 m over høyeste astronomiske tidevann.

Den forholdsvis lave tidevannshøyden i Oslofjorden og Skagerrak skyldes spesielle forhold i Nordsjøbassenget med bunnfriksjon og destruktiv interferens mellom forskjellige bølgekomponenter. Langs kysten fra Bergen og nordover, er det tidevannsbølgen fra Atlanterhavet som dominerer. Denne bølgen øker merkbart i amplitude innover i de store fjordene, Trondheimsfjorden, Vestfjorden og Varangerfjorden, og langs kysten av Finnmark hvor havet utenfor er forholdsvis grunt.

Perioder i tidevannsbevegelsene

Når jorda roterer rundt i løpet av 24 timer vil kraftfeltet fra sola passere oss to ganger, slik at solas kraftfelt vil variere periodisk i løpet av 12 timer. For månen kompliseres bildet litt fordi den på grunn av sin rotasjon om jorda sakker av i omløpet slik at omløpstiden for månen i middel blir 24 timer og 50 minutter. Derfor vil tidevannskraften fra månen variere med en periode på 12 timer og 25 minutter i middel. At de viktigste periodene for tidevannskraftens variasjon er *halvdaglige*, dvs. omkring 12 timer, og ikke *heldaglige*, 24 timer, som forventet, var lenge et mysterium inntil Newton ga en fullgod forklaring på dette.

Når det er full- eller nymåne vil månen og solas kraftfelt trekke i samme retning og forsterke hverandre. Dette gir opphav til springflo ("storsjøan") med omtrent fjorten dagers mellomrom. Ved halv voksende eller minkende måne vil derimot solas kraftfelt motvirke månens slik at tidevannskraften blir liten, og vi får nipp flo, eller "småsjøan" som det heter på kysten.

Nå er det også *heldaglige* variasjoner i tidevannet som skyldes at månens og solas høyde på himmelen endrer seg. Dette uttrykkes ved *deklinasjonsvinkelen* som sier hvor høyt månen eller sola står over ekvatorplanet som går ut fra jordas ekvator. Deklinasjonsvinkelen for månen varierer fra en negativ verdi (under ekvatorplanet) til en positiv verdi (over ekvatorplanet) i løpet av en månesyklus. Deklinasjonen er null de dagene månen passerer ekvatorplanet gjennom "knutene", som det heter (se almanakken 2010, ref. 4). Variasjonene i deklinasjon fører til at etterfølgende høyvann eller lavvann alternerer litt i høyde. Dette kalles *den daglige ulikhet* i tidevannet, og utgjør 10–12 cm langs norskekysten (se figur 4).

Deklinasjonen for sola varierer fra $+23,5^\circ$ ved sommersolverv til $-23,5^\circ$ ved vintersolverv. Månebanen heller omkring $5,1^\circ$ i forhold til jord-

banen, og månens deklinasjon kan derfor komme opp i $23,5 + 5,1 = 28,6^\circ$ når *oppstigende knute* faller nær sammen med vårjevndøgn (vårpunktet), og bare $23,5 - 5,1 = 18,4^\circ$ når *nedstigende knute* faller nær sammen med vårpunktet. Det første tilfellet med høy måne inntraff i 2006, og det andre tilfellet med lav måne vil inntreffe i 2015. Denne langperiodiske endringen i månens deklinasjon bestemmer den lengste perioden i tidevannskraftens variasjon, 18,6 år, som tilsvarende knutelinjens dreining.

Det er også en annen langt viktigere endring i tidevannskraftens størrelse som skyldes at månebanen er elliptisk og at avstanden fra jorda varierer fra 356 000 km når månen er på sitt nærmeste, i *perigeum*, til 406 700 km når månen er lengst fra jorda, i *apogeum*. Dette gir opphav til en betydelig variasjon i tidevannskraftens størrelse på opptil 15–25 % i forhold til middelveien.

Tidevannskraften blir ekstra stor når månen er i perigeumposisjon ved full- eller nymåne. Dette inntreffer nesten, men ikke helt, med 6–7 måneders mellomrom, som regel uten at avstanden mellom månen og jorda når den aller minste verdien. Den 19. mars 2011 vil perigeum komme mindre enn én time fra fullmåne, og månen vil nesten nå den aller minste mulige avstanden fra jorda. Nære sammenfall mellom fullmåne og perigeum skjer også 6. mai 2012 med 2 minutter, 23. juni 2013 med 23 minutter og 10. august 2014 med 27 minutter, men avstanden blir ikke fullt så liten som i 2011 noen av disse gangene. I slike situasjoner vil vi få stor *perigeumspringflo*.

De halvdaglige tidevannssvingningene, som er viktigst langs norskekysten, blir forsterket når både månen og sola står nær ekvatorplanet og har omtrent null deklinasjon. Det kan bare skje ved vår- og høstjevndøgn. Er månen da i tillegg i perigeum, og det er ny- eller fullmåne, kan en vente ekstra stor flo. Dette skjedde den 21. september 1922 da det ble målt 20–30 % høyere flo enn vanlig i England og Frankrike. En liknende ekstrem situasjon kommer først igjen i år 2192.

Avslutning

Blant alle de spennende fenomenene som vi har fått høre om under astronomiåret 2009, bør vi ikke glemme tidevannskraften som har så stor betydning for forholdene på jorda, såvel som i andre deler av verdensrommet. Mest dramatisk kan det bli når himmellegemer kommer så nær hverandre at de sterke tidevannskreftene river klodene i stykker

(Roches grense). Mindre dramatisk er det at friksjonen og trykkvirkningen mot havbunnen når tidevannsbølgene ruller over jorda, fører til at jordrotasjonen bremses og døgnet øker litt i lengde (ca. $0,2 \mu\text{s}$ per år). Samtidig virker vannmassene i tidevannsbølgene med en kraft på månen som sakte og sikkert skyver den fra jorda med ca. 4 cm per år. Dette er blitt dokumentert med avstandsmålinger med laser etter at astronautene satte igjen laserreflektorer på månen omkring 1970.

Tidevannsbølgen utøver også et kraftmoment på månen slik at den over tid har fått bundet rotasjon om jorda. Det gjør at månen alltid vender samme side mot jorda.

Tidevannet i verdenshavene er en viktig kilde til turbulens i vannmassene i havdypet. Turbulensnivået er avgjørende for blanding, avkjøling og oppvarming av vannmasser. Dette er viktig for hele sirkulasjonsmønsteret i havet, som igjen har stor betydning for klimaet på jorda. Slik sett kan vår gamle måne også være, for å bruke et moteord, en ikke uvesentlig aktør i klimadebatten.⁽⁵⁾

Mer om tidevannet langs norskekysten og de fascinerende historiske beretningene, blant annet om malstrømmen i Lofoten, finnes i en bok som utkom i 2009.⁽⁶⁾

Referanser

1. D.E. Cartwright: *Tides: a scientific history*. Cambridge University Press (1997)
2. Egil Hylleraas: *On the Theory of Tidal Oscillations in Oceans with Solid Boundaries*. Geofysiske Publikasjoner (Geophysica Norvegica) **13**, No. 10 (1943)
3. H.U. Sverdrup: *Dynamics of tides on the North Siberian Shelf – Results from the Maud expedition*. Geofysiske Publ. Oslo **4**, Nr. 5, 75 (1927)
4. Almanakk for Norge. Universitetet i Oslo (2010)
5. Carl Wunsch: *Moon, tides and climate*. Nature **405**, 15 June, 743–744 (2000)
6. Bjørn Gjevik: *Flo og fjære langs kysten av Norge og Svalbard*. Farleia Forlag, ISBN 978-82-998031-0-6 (2009)
7. Halvard Moe, Atle Ommundsen, and Bjørn Gjevik: *A high resolution tidal model for the area around The Lofoten Islands, northern Norway*. Continental Shelf Research **22**, No 1, 485–504 (2002)

Spallasjonskilden ESS – Et storskala europeisk forskningsverktøy

Kenneth D. Knudsen og Olav Steinsvoll***

Etter lang tids overveielser har flere europeiske land nå samlet seg om å bygge spallasjonskilden ESS (European Spallation Source). Dette blir verdens desidert kraftigste nøytronkilde, og et svært anvendelig verktøy innen en rekke vitenskapelige grener. Etter sterk kiving siste år mellom de to sterkeste kandidatene, Bilbao i Spania og Lund i Sverige, falt endelig valget på Lund den 28. mai 2009. Denne avgjørelsen har blant annet sin bakgrunn i det utstrakte samarbeidet mellom de skandinaviske land på dette området.

Nøytronkilder

Nøytroner har en lang og rik historie innen eksperimentell vitenskap. Da Ernest Rutherfords tidligere elev, James Chadwick, først beskrev nøytronet i 1932⁽¹⁾ – et arbeid som la grunnlag for at han i 1935 mottok Nobelprisen i fysikk – kunne han vanskelig ane hvilken bred praktisk anvendelse denne elementærpartikkelen skulle få.^(2,3)

Nøytronet utgjør omtrent halvparten av all masse i den kjente del av universet, men for å frigjøre og arbeide med denne partikkelen er man avhengig av store anlegg, tradisjonelt reaktorer hvor nøytronet produseres via fisjon av uranisotoper. En historisk oversikt over utviklingen innen reaktorbaserte nøytronkilder kan finnes i ref. 4. Når nøytronet er løsrevet, har det relativt kort levetid – litt under 15 minutter – før det går over til et proton, et elektron og et antinøytrino. Denne tiden er likevel mer enn lang nok til å få utført en rekke eksperimenter hvor nøytronet brukes som probe. Dette har lagt grunnlaget for mange store forsk-

ningsinstitutter både i Europa og ellers i verden, og arbeidene her har bidratt sterkt til forståelsen av naturen rundt oss. Som eksempel kan nevnes et tidligere anslag om at 7 % av alle artikler publisert i *Physical Review Letters* har gjort bruk av nøytroner som probe.⁽⁵⁾

I 1993–94 ledet Tormod Riste fra Institutt for Energiteknikk (IFE) en OECD-komite som vurderte behovet for nøytronkilder de kommende årtier, og konklusjonen fra det arbeidet⁽⁶⁾ var at flere kontinenter ville være avhengige av å bygge nye slike kilder for å dekke det sterkt økende behovet fremover for slik storskala infrastruktur. Dette ble innledningen til et grundig utredningsarbeid i Europa,⁽⁷⁾ og til en seinere anbefaling av OECD-lands forskningsministre i 1999 om bygging av slike kilder både i USA, Europa og Asia. Japan og USA gikk til verks kort tid etter dette, og det amerikanske anlegget (SNS) i Oak Ridge kunne levere de første nøytronene allerede i 2006. I Japan ble de klare med sitt anlegg (JSNS) i Tsukuba i 2008.

I Europa gikk imidlertid prosessen mye langsommere, og det ble klart at den ville være helt avhengig av starthjelp på lokalt plan. I Sverige, Danmark og Norge var det en rekke forskere som viste interesse for denne ideen, og arbeidet startet med å utarbeide et skandinavisk forslag. Den historiske bakgrunnen er for øvrig beskrevet utførlig i en tidligere artikkel i FFV,⁽⁸⁾ og bare hovedelementene nevnes derfor her. I startfasen var det også en rekke andre kandidater som la frem sine planer: Tyskland, Ungarn, Spania og England (Yorkshire og Oxford). Etter dette sto imidlertid prosessen i stampe i flere år i mangel på en overordnet plan for hvordan et slikt stort prosjekt skulle dras i gang i Europa. Ideen om spallasjonskilden fikk imidlertid en ny giv ved ESFRI-rapporten i 2006,⁽⁹⁾ hvor dette europeiske storskala-anlegget ble vurdert til å være av slik kvalitet og viktighet at det ble inkludert i veikartet for europeisk infrastruktur. Det sto nå igjen tre kan-

* Institutt for energiteknikk, Kjeller, og Inst. for fysikk, NTNU.

** Institutt for energiteknikk, Kjeller.

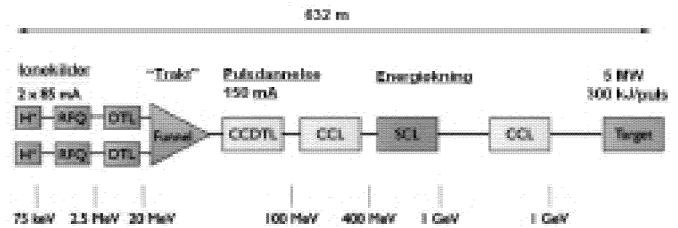
didatsteder som arbeidet iherdig for å få spallasjonskilden til sin region, Debrecen (Ungarn), Bilbao og Lund. En av grunnene til dette var nok erfaringene man har fra andre europeiske storskalaanlegg. Selv om investeringene er betydelige, gir anlegget ofte vesentlige bidrag til utviklingen på området, ikke bare når det gjelder vitenskapelige nyvinninger, men også av ren økonomisk karakter. Den endelige beslutningen ble altså tatt i mai 2009, bl.a. etter grundige vurderinger av de tre kandidaters reviderte forslag.

Akselerator og "target"

I det følgende vil det bli gitt en forenklet beskrivelse av hovedelementene i ESS. Det viktigste for brukerne av denne installasjonen, i hovedsak forskere og studenter fra hele Europa, vil nok være utformingen av eksperimentstasjonene. Det er planlagt 22 stasjoner i første fase, med seinere oppgradering til 33, noe som vil gjøre det mulig å utføre et bredt spekter av undersøkelser. Dette vil bli kommentert seinere i artikkelen.

Kjernen i anlegget er en lineærakselerator hvor protoner oppnår en energi på 1 GeV før de treffer en målskive (engelsk "target") bestående av flytende metall. Protonene sendes i pulser av 2 ms varighet, og med en pakketetthet tilsvarende en strøm på 150 mA.⁽¹⁰⁾ Repetisjonshastigheten på pulsene er 16,6 Hz, dvs. 60 ms mellom hver puls. Denne arbeidsmodusen har fått betegnelsen "long pulse". Dette er dermed en svært kraftig lineærakselerator – gjennomsnittseffekten blir 5 MW – og utforming og optimalisering av denne blir en av de store tekniske utfordringene knyttet til ESS. Her vil man se et utstrakt samarbeid mellom en rekke europeiske grupper, og en vil også gjøre nytte av erfaringene fra SNS i USA og JSNS i Japan. Men det er verdt å merke seg at det også finnes betydelig ekspertise på akseleratorteknologi i Europa, jf. for eksempel Linac 4-prosjektet ved CERN og elektron-positronkanonen Tesla ved Hamburg.

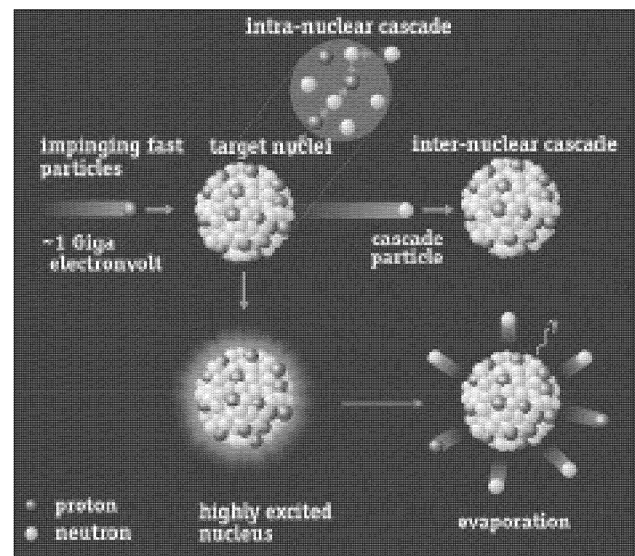
ESS-akseleratoren vil få en lengde på over 600 m (se figur 1), og bygges opp rundt to parallelt virkende protonkilder, hver på 85 mA, med tilhørende radiofrekvenskvadropoler (RFQ). Man vil benytte to kilder for å få høy nok totalstrøm uten å overbelaste kvadropolene. Pulsformingen vil skje i en såkalt cellekople DTL (Drift Tube Linac) etter at protonene har nådd en energi på 20 MeV, hvorpå hastigheten økes videre til nær 90 % av



Figur 1. Akseleratordelen av ESS (modifisert fra ref. 10). To ionekilder, plassert i parallell, genererer kontinuerlige strømmer av protoner. Disse ledes inn i et radiofrekvensfelt hvor protonene tar opp energi til de når en hastighet tilsvarende 2,5 MeV. En lineærakselerator, DTL (Drift Tube Linac), øker deretter energien til 20 MeV, hvorefter protonstrømmene sammenføres i en "trakt". Den kontinuerlige protonstrømmen kuttes så opp i pulser i en såkalt cellekople DTL. Deretter økes energien trinnvis med flere akseleratorelementer over en avstand på rundt 400 m, til en sluttenergi på 1 GeV.

lyshastigheten, tilsvarende den endelige proton-energien på 1 GeV.

De akselererte protonene vekselvirker så med metallkjerner i target med den følge at rundt 30 nøytroner frigjøres per kollisjon med et metallatom. Navnet spallasjonskilde har sin opprinnelse i denne avskallingen fra atomkjernene. Prosessen har likhetstrekk med fordampning – atomkjernene utsettes ikke for fisjon, og det foregår derfor heller ingen kjedereaksjon (se figur 2).



Figur 2. Spallasjon av tunge kjerner.⁽¹¹⁾ Høyenergetiske protoner (1 GeV) som treffer en tung metallkjerne (typisk bly eller kvikksølv) vil destabilisere og splitte kjernen. Overskuddet av nøytroner (i forhold til protoner) som da oppstår, frigis delvis umiddelbart og delvis forsinket (avdampning). Totalt frigjøres det rundt 30 nøytroner per spallasjon, et stort antall i forhold til de 2–3 nøytroner som frigjøres per fisjon i en reaktorbasert nøytronkilde.

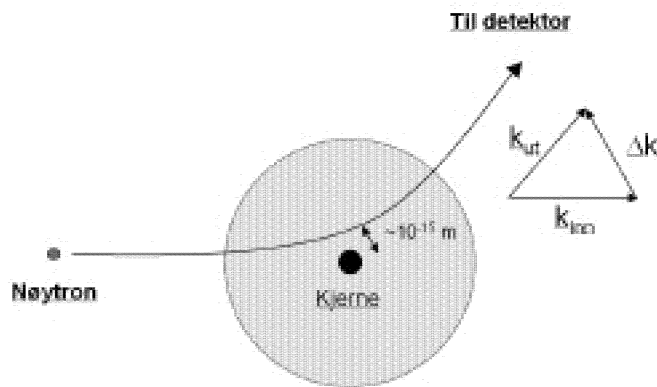
Det er ikke endelig avgjort hvilket materiale som skal brukes i target, men det blir trolig flytende kvikksølv, bly, eller en blanding av bly og vismut. På grunn av sitt høye atomnummer vil alle disse gi høyt nøytronutbytte per spallasjon, og de vil samtidig kunne pumpes i en lukket sløyfe for å sørge for kontinuerlig kjøling av target. Det siste er meget viktig siden man her har nær 5 MW varme som skal transporteres bort. SNS og JSNS benytter target av kvikksølv, mens man ved Paul-Scherrer-instituttet (PSI) i Sveits nylig har oppnådd gode resultater med et bly-vismut target. Utfordringene her er blant annet knyttet til den store energiavsetningen i hver protonpuls. Selv om den resulterende temperaturøkningen i target er på bare noen grader, er tidsgradienten stor, over 10^3 °C/s i pulsen. Dette leder til kraftige trykkbølger, slik at innkapslingen må dimensjoneres for å ta opp disse. Ved bruk av kvikksølv er også miljøaspektet blitt trukket frem. Mengdene er imidlertid forholdsvis begrensede. Targetmaterialet utgjør rundt 1 m^3 , og det legges vekt på at dette er fullt isolert fra omgivelsene. Det er også verdt å merke seg at selv om materialet bombarderes kontinuerlig av protonpulser, vil likevel bare noen få prosent forbrukes, selv etter flere år.

Nøytronfluksen vil bli ca. 100 ganger høyere enn det som man har sett til nå. Ved Institute Laue-Langevin (ILL) i Grenoble – en reaktorbasert nøytronkilde som startet opp i 1971 og som er den lengstvirkende installasjonen på dette området – er fluksen ca. 10^{15} nøytroner pr. cm^2s (jevn fluks), mens man ved ESS venter en fluks på 10^{17} pr. cm^2s i pulsene. Dette åpner opp for mange muligheter innen forskningen, ikke bare forbedringer i forhold til det man oppnår nå, men helt nye "vindu" som studier av sanntids prosesser i levende celler eller vev (*in vivo*).

Eksperimenter og forskning

Hva er det så som gjør nøytroner så nyttige for undersøkelser av materials indre struktur? Her er det flere viktige momenter som bør trekkes frem. Siden nøytronet er uten netto ladning, vekselvirker det med atomkjernene og ikke med elektronskyen slik det er tilfelle med andre prober, som røntgen eller synlig lys. Det betyr at gjennomtrengningsgraden er stor, og selv tykke prøver av tunge materialer kan studeres, ofte uten noen form for preparering i forkant. Et nøytron som nærmer seg et atom, vil "se" kjernen når det kommer tilstrekkelig

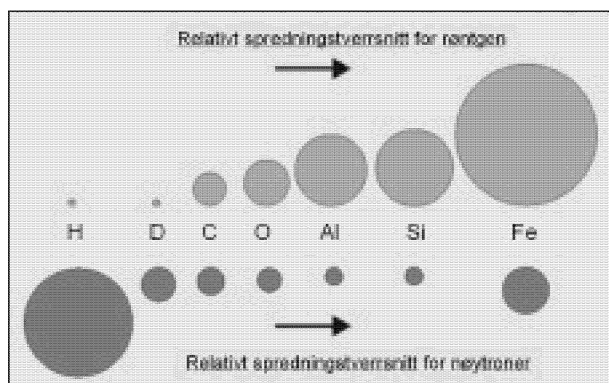
nær denne, og den tilhørende avstanden er kort, ned i femtometerområdet (10^{-15} m). Nøytronet vil da bøyes av og følge en ny bane ut av materialet, dvs. få en endring i bølgevektoren k , og den nye retningen (og eventuelt også energiendringen) registreres i neste omgang ved hjelp av detektorer plassert bak prøven (figur 3).



Figur 3. Nøytronets avbøying fra atomkjernen mot en detektor og tilhørende endring i bølgevektor. Interaksjonsavstanden er liten, av størrelsesorden 10^{-15} m , siden nøytronene vekselvirker med atomkjernen og ikke med den omliggende elektronskyen. Av denne grunn er også nøytronets penetrasjonslengde stor i de fleste materialer.

Det resulterende spredningsmønsteret inneholder informasjon om den atomære oppbyggingen av materialet, både med hensyn til posisjon og tid. Spredningsmønsteret er egentlig en fouriertransformasjon av materialstrukturen. Ved å regne "baklengs" har man da mulighet for å få et bilde av materialets atomære oppbygging. I praksis brukes imidlertid oftest den forhåndskunnskap man har om materialet til først å konstruere en matematisk modell som man beregner spredningsmønsteret av, og denne sammenlignes så med det man observerer for å forbedre modellen.

Vekselvirkningen mellom nøytronet og kjernen, som kvantifiseres via spredningslengden b , er spesi- fikk for hver atomtype. Denne følger ikke en enkel sammenheng med atomnummer Z som ved røntgen, hvor den øker tilnærmet med kvadratet av atomnummeret, slik at lette atomer som hydrogen normalt overskygges av bidraget fra tyngre elementer (figur 4). For nøytronet er den gjennomsnittlige styrken av vekselvirkningen grovt sett den samme for lette som for tunge grunnstoffer, mens man derimot kan se relativt store variasjoner når man beveger seg fra ett element til det neste i den periodiske tabell. Hydrogen står her i en særstilling ved at dette elementet, som er så viktig i alle bio-

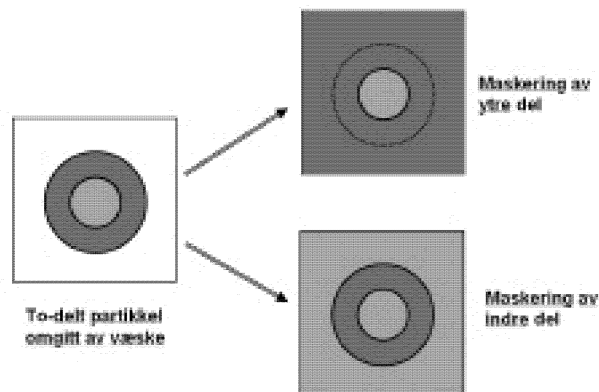


Figur 4. Tilsynelatende størrelse av et atom når nøytroner eller røntgen benyttes som probe. For røntgen øker spredningen tilnærmet kvadratisk med atomnummeret, men med nøytroner er det ingen slik klar sammenheng. Vekselvirkningen er meget isotopavhengig. Figuren viser at hydrogenatomet er en kraftig spredder, mens deuterium (med samme proton- og elektronantall) "ses" mye dårligere av nøytronen.

logiske systemer, fremtrer svært klart i forhold til andre elementer.

Man kan også oppnå stor endring i spredningsstyrke, og dermed i kontrast, ved å endre fra en isotop til en annen for samme element.⁽¹²⁾ Som eksempel kan nevnes at dersom ^1H erstatte med ^2D , så endres spredningslengden b fra $-3,7 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ til $6,7 \cdot 10^{-15} \text{ m}$. Dette er et eksempel på at ikke bare tallverdien, men også fortegnet endres, hvilket i praksis betyr at vekselvirkningen forårsaker en faseforskyvning på 180° for den utgående nøytronbølgen. Denne egenskapen benyttes svært mye innenfor studier av myke materialer, som polymerer eller biologiske makromolekyler (som proteiner), hvor man kan bruke slik kontrasttilpasning til å maskere bort bestemte deler av en struktur, og dermed kartlegge kompliserte strukturer trinn for trinn (figur 5). Her kan nevnes som eksempel den eksperimentelle bekrefteisen på de Gennes teoretiske forutsigelser av skaleringslover og dynamikk for polymerkjeder (Nobelprisen, 1991).

Et annet viktig moment her er nøytronets energi. Siden nøytronen kan ses på som en partikkelbølge, følger at dets de Broglie-bølgelengde er gitt ved $\lambda = h/mv$. Spallasjonen gir i utgangspunktet nøytroner med hastigheter tilsvarende energier i MeV-området, som er høyere enn ønskelig. Derfor modereres gjerne nøytronene ved å la dem passere gjennom en væske, for eksempel vann eller flytende hydrogen (20 K), slik at man via gjentatte støt (termalisering) reduserer hastigheten, og de får



Figur 5. Bruk av kontrasttilpasning for å maskere bort deler av en partikkel. Partikkelens omgivelser (for eksempel en væske) justeres ved endring av isotopsammensetning – oftest endring av H/D-forholdet – slik at en av partikkelens komponenter får samme gjennomsnittlige spredningslengde som omgivelsene. Dermed blir kontrasten for denne komponenten lik null, og bare de andre delene av partikkelen fremtrer skarpt.

da en bølgelengde som samsvarer med typisk avstand mellom atomene i et materiale, dvs. rundt 0,1 nm, eller 1 Å. Et nøytron med bølgelengde 1,5 Å (tilsvarende en fart på litt over 2 km/s) vil ha en energi på 36 meV, mens et røntgenfoton med denne bølgelengden (typisk for røntgenrør) til sammenligning vil ha en energi på 8,2 keV, dvs. over 200 000 ganger større enn for nøytronen. Dette er interessant når det jamføres med energien i en C-C-binding (ca. 4 eV), ikke minst når man arbeider med biologiske materialer hvor strålingsindusert degradering ofte er et stort problem. Røntgenkilder på sin side har dog andre fordeler, bl.a. en betydelig høyere innfallende fluks, og komplementariteten mellom nøytroner og røntgen utnyttes derfor mye innen materialundersøkelser. Dette er et stort tema i seg selv, som det ikke er anledning til å behandle i denne artikkelen.

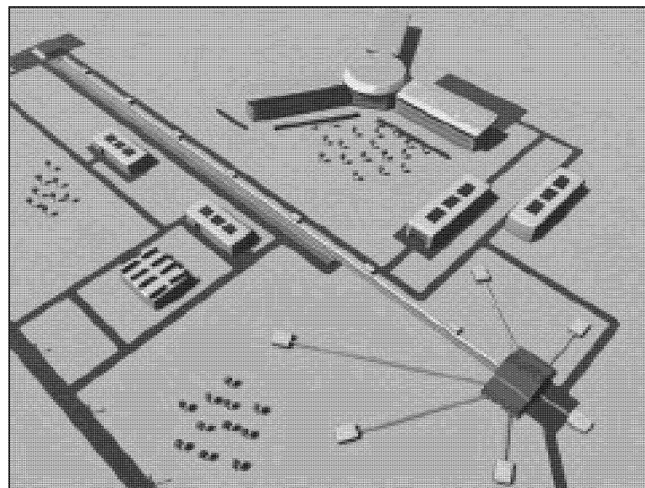
Nøytronets energi er videre tilnærmet lik vibrasjonsenergien til atomene i kondenserte faser. Nøytroner som er blitt termalisert, for eksempel i en moderator av flytende hydrogen, vil komme ut med et boltzmannfordelt energispektrum som svarer godt til disse vibrasjonsenergiene. Nøytronene vil da enten kunne avgi eller ta opp energi ved vekselvirkning med materialets atomer (uelastisk spredning), og ved å måle denne energiendringen får man et spektrum av energitilstandene i materialet. Dette er svært relevant ved studier av indre struktur i væsker og andre substanser med lav grad av orden, og er viktig for forståelse av den såkalte glassovergangen, dvs. overgangen fra mykt til hardt materiale ved nedkjøling.

Siden man har et spekter av bølgelengder som gjennomlyser prøven samtidig, kan man bruke såkalt "time-of-flight"-teknikk for å detektere de spredte nøytronene. Energien (eller hastigheten) til nøytronet avleses da eksakt ved å måle tiden det bruker fra et punkt foran prøven og frem til detektoren, og dette lar seg gjøre siden den innkommende nøytronstrålen ankommer i veldefinerte pulser. "Long-pulse"-løsningen som er valgt for ESS betyr at man har mulighet for å arbeide både med et bredt bølgelengdespektrum og varierende grad av energioppløsning. Pulsingen gir også andre fordeler; særlig viktig er at bakgrunnsstøy i det detekterte signalet kan reduseres betydelig ved at deteksjonen "låses" eksakt til den gitte pulsfrekvensen, slik at alle signaler som opptrer ved andre frekvenser kan karakteriseres som støy.

Et annet viktig poeng er at nøytronet har spinn og følgelig også et magnetisk moment, lik $-1,91 \mu_N$. Dette gjør at nøytronet, når det sendes gjennom et stoff, vil vekselvirke med atomer som har uparede elektronspinn, og dermed fremkaffe et bilde av materialets magnetiske struktur. Hvis nøytronet hadde hatt en netto ladning, ville dette vanskelig latt seg gjøre fordi ladningsvekselvirkningen med elektronene ville fullstendig ha dominert over den mye svakere magnetiske vekselvirkningen. Det meste av kunnskapen vi har om magnetiske strukturer stammer derfor fra eksperimenter med nøytroner; og Clifford Shull fikk Nobelprisen i 1994 for sitt tidlige arbeid med beskrivelse av antiferromagnetisme basert på nøytronundersøkelser. Det magnetiske momentet til nøytronet utnyttes nå innenfor mange områder, for eksempel ved kartlegging av supraleidere.

Eksperimentstasjoner

Av de 22 instrumentene som skal bli ferdige i første fase, planlegges det at 11 skal være operative ved utgangen av 2019 (se forenklet skisse i figur 6). Dette vil bli instrumenter som dekker viktige behov innen materialvitenskap, særlig med tanke på studier av dynamiske prosesser ned mot millisekund oppløsning, og/eller små prøvemengder. Det siste er et aktuelt problem innen biologi/medisin hvor man ofte har tilgjengelig kun svært små mengder av de materialene man ønsker å kartlegge. Eksempler på instrumenter er et høyintensitets instrument for småvinkelspredning (SANS), med hovedanvendelse innen myke materialer, og minst ett høyoppløsnings instrument for en-krystaller.



Figur 6. Skjematisk illustrasjon av ESS, slik den er tenkt i endelig konfigurasjon ("long pulse" variant). Protonkilden er oppe i venstre hjørne og target med målestasjoner nede til høyre.⁽¹¹⁾

ESS åpner også for interessante muligheter for grunnleggende fysikk. Ved å benytte et oppsett hvor nøytronene gis svært lave energier, dvs. "ultra kalde" nøytroner, vil det være mulig å utføre meget nøyaktige målinger av nøytronets elektriske dipolmoment. Dipolmomentet ville vært lik null i et univers hvor det var perfekt symmetri mellom de eksisterende krefter. Størrelsen på dette lille avviket fra null er derfor avgjørende for teoriene om hvordan universets grunnleggende partikler og krefter har oppstått, og dermed for spørsmålet om hvorfor vi lever i en verden der det er mye mindre antimaterie enn materie. Den endelige utformingen av instrumentparken ved ESS er imidlertid ikke avgjort, og det vil i planleggingsfasen bli avholdt en rekke møter hvor forskere og andre vil få anledning til å påvirke prosessen og foreslå sitt "ideelle" eksperimentelle oppsett.

Samhandling på europeisk plan

Det er interessant å se at etter det endelige vedtaket om lokalisering av den europeiske spallasjonskilden, så har kandidaten som i siste fase var den sterkeste konkurrenten til Lund – nemlig Bilbao-konsortiet – nå valgt å arbeide aktivt sammen med ESS-organisasjonen ved byggingen av ESS. Her er det mye kunnskap og erfaring, bl.a. innen akseleratorfysikk, som det er svært viktig å ta med når man skal konstruere et slikt avansert anlegg, planlagt for å ta imot rundt 5000 forskere og studenter hvert år.

Det er foreløpig (februar 2010) fjorten land som har sagt seg villige til å delta fra starten i ESS-

Fra Fysikkens Verden

71. årgang
2009

Norsk Fysisk Selskap
Oslo 2009

ISSN-0015-9247

Innhold FFV 2009

Nr. 1:

Fra Redaktørene	2
FFV Gratulerer	2
Iver Håkon Brevik 70 år	
Øyvind G. Grøn	
Torleiv Buran 70 år	
Lars Bugge og Alex Read	
Jan Anstein Holtet 70 år	
Alv Egeland og Eivind Osnes	
Teknas pris til Jan Petter Morten	
Norske fysikere i IUPAP	
In Memoriam	7
Sjur Refsdal (1935–2009)	
Per Barth Lilje	
Atombombespionene – Del II	
Sven Oluf Sørensen	9
Store endringer i SI-systemet?	
Leif Halbo	16
Indeks FFV 2007	17
Hvor raskt kunne Usain Bolt ha løpt 100-meteren?	
Eriksen, Kristiansen, Langangen og Wehus	24
Hva skjer	28
Astronomiåret 2009	
Jan-Erik Ovaldsen	
Spektrometer fra Universitetet i Bergen i bane	
rundt månen	
Brønstad, Ullaland, Skogseide, Torheim og Solberg	
Bokomtale	31
J.R. Primack og N.E. Abrams:	
Utsikt fra universets sentrum.	
Flux Forlag, 2008.	
Henning Knutsen	
Nye Doktorer	33
PhD Patrick Blomquist	
PhD Kjetil Børkje	
PhD Atle Sjølyst-Kverneland	
Trim i FFV	34
FFVT 1/09	
Løsning til FFVT 4/08	
Nytt fra NFS	35
Nye medlemmer	

Nr. 2:

Fra Redaktørene	38
FFV Gratulerer	38
Gunnar Løvhøiden 70 år	
John Rekstad og Finn Ingebretsen	
Arne Valberg 70 år	
Anders Johnsson og Tore Lindmo	
Ola Hunderi 70 år	
Emil J. Samuelsen og Anne Borg	
Humboldtprisen til Ove Havnes	
Cesar La Hoz	
Røntgenlaser	
Emil J. Samuelsen og Dag W. Breiby	42
Solceller av organisk materiale	
Emil J. Samuelsen og Dag W. Breiby	47
Karbonkjegler og magiske væsker	
E. Svåsand, G. Helgesen og A.T. Skjeltorp	52
Fysikkfeil i medisinsk forskning	
Asta Juzeniene, Arne Dahlback og Johan Moan ...	57
Hva skjer	60
Fysikermøtet 2009.	
Arne Brataas	
Fysikkolympiaden 2009.	
Carl Angell	
Bokomtaler	62
Leif Wedøe: Glimt fra eksperimentets historie.	
Cappelen Damm, 2009.	
Merete Økland Sortland	
Arne Totland og Truls Sevje:	
Thorium - bærekraftig og miljøvennlig kjernekraft.	
Tapir Akademiske Forlag, 2008.	
Finn Ingebretsen	
Nye Doktorer	65
PhD Jacob Linder	
PhD Bjarte Gees Bokn Solheim	
PhD Ane V. Vollsnes	
Trim i FFV	67
Løsning på FFVT 1/09 og ny oppgave	
FFVT 2/09	

Nr. 3:

Fra Redaktørene	70
FFV Gratulerer	70
Sverre Grimnes 70 år	
Ørjan G. Martinsen	
In Memoriam	72
Rolf Brahde (1918–2009)	
O. Engvold, P. Barth Lilje og R. Stabell	
Vårt verdensbilde i astronomiåret	
Øyvind Grøn	73
Planeter utenfor solsystemet	
Øyvind Grøn	76
Drakeligningens betydning for leting etter	
intelligent liv i galaksen	
Yngve Hopstad	79
Sir Arthur Stanley Eddington	
Det 20. århundrets store astrofysiker	
Henning Knutsen	85
Fra Fysikkens Historie	90
Alexandr Friedmann –	
meteorologen som satte fart på universet	
Henning Knutsen	
Fysikknytt	92
Første data fra Planck-romobservatoriet	
Øyvind Grøn	
Grunnstoff nr. 112 kalles trolig copernicium	
Øyvind Grøn	
Hva skjer	94
Fysikkolympiaden 2009 gav strålende resultater	
Carl Angell	
Bokomtaler	95
Helge Kragh: Entropic Creation.	
Ashgate, 2008.	
Henning Knutsen	
Bjørn Gjevik: Flo og fjære langs kysten av Norge	
og Svalbard	
Farleia forlag, 2009.	
Hallstein Høgåsen	
Nye Doktorer	97
PhD Heidi Hindberg	
Nytt fra NFS	98
Nye medlemmer	
Fysikermøtet 2009	
Trim i FFV	99
Løsning nr. 2 til FFV 1/09	
Løsning til FFVT 2/09	
FFVT 3/09	

Nr. 4:

Gjest i FFV	102
Aasmund S. Sudbø	
FFV Gratulerer	110
Anders Johnsson 70 år	
Berit Kjeldstad	
Johan Stadsnes 70 år	
Kjell Brønstad og Nikolai Østgaard	
Nytt fra NFS	104
Birkelandpris i fysikk 2010	
Nobelprisen i fysikk 2009	
Asle Sudbø	105
Kjernevåpens fysikk og virkemåte	
Heidi Kristine Toft	108
Atombombespionene – Del III	
Sven Oluf Sørensen	114
Presten og advokaten som la fundamentet	
for Big Bang-modellen for universet	
Henning Knutsen	121
Kvinneandelen i fysikk ved universitetene	
og i høyere utdanning	
Åshild Fredriksen og Anne Borg	126
Fysikknytt	127
Kosmisk test av gravitasjonsteorier	
Øyvind Grøn	
Bakgrunnsstrålingens polarisasjon	
Øyvind Grøn	
Hva skjer	129
Amatørastronomen Sigurd Einbu heidra	
med minnesmerke	
Asgeir Brekke	
Fysikk i skolen	131
Astronomi, et løft for fysikkfaget?	
Trude Nilsen, Liv Sissel Grønmo, Carl Angell	
og Ellen K. Henriksen	
Ta bølgen for nye fysikklærere!	
Ellen K. Henriksen, Carl Angell og Trude Nilsen	
Bokomtale	133
Albert Furrer, Joël Mesot and Thierry Strässle:	
Neutron Scattering in Condensed Matter Physics.	
World Scientific, 2009.	
B. Terry, W. Willis and Colin J. Carlile:	
Experimental Neutron Scattering.	
Oxford University Press, 2009	
Emil J. Samuelsen	
Nye Doktorer	134
PhD Eirik Glimsdal	
Trim i FFV	135
Løsning på FFVT 3/09	
FFVT 4/09	
Nytt fra NFS	135
Nye medlemmer	

Forfatterregister 2009

- Angell, Carl:*
Hva skjer: Fysikkolympiaden 2009 61
- Angell, Carl:*
Hva skjer: Fysikkolympiaden 2009
gav strålende resultater 94
- Brataas, Arne:*
Hva skjer: Fysikermøtet 2009 60
- Brekke, Asgeir:*
Hva skjer: Amatørastronomen Sigurd Einbu
heidra med minnesmerke 129
- Brønstad, Ullaland, Skogseide, Torheim og Solberg:*
Hva skjer: Spektrometer fra Universitetet i Bergen
i bane rundt månen 29
- Brønstad, Kjell og Nikolai Østgaard:*
FFV Gratulerer: Johan Stadsnes 70 år 103
- Bugge, Lars og Alex Read:*
FFV Gratulerer: Torleiv Buran 70 år 4
- Egeland, Alv og Eivind Osnes:*
FFV Gratulerer: Jan Anstein Holtet 70 år 5
- Engvold, Oddbjørn, Per Barth Lilje og Rolf Stabell:*
In Memoriam: Rolf Brahde (1918-2009) 72
- Eriksen, Kristiansen, Langangen og Wehus:*
Hvor raskt kunne Usain Bolt ha løpt? 24
- Fredriksen, Åshild og Anne Borg:*
Kvinneandelen i fysikk ved universitetene
og i høyere utdanning 126
- Grøn, Øyvind G.:*
FFV Gratulerer: Iver Håkon Brevik 70 år 2
- Grøn, Øyvind:*
Vårt verdensbilde i astronomiåret 73
- Grøn, Øyvind:*
Planeter utenfor solsystemet 76
- Grøn, Øyvind:*
Fysikknytt: Første data fra Planck-romobservatoriet 92
- Grøn, Øyvind:*
Fysikknytt: Grunnstoff 112 kalles trolig copernicium 93
- Grøn, Øyvind:*
Fysikknytt: Kosmisk test av gravitasjonsteorier 127
- Grøn, Øyvind:*
Fysikknytt: Bakgrunnsstrålingens polarisasjon 128
- Halbo, Leif:*
Store endringer i SI-systemet? 16
- Henriksen, Ellen K., Carl Angell og Trude Nilsen:*
Fysikk i skolen: Ta bølgen for nye fysikklærere! 132
- Hopstad, Yngve:*
Drakeligningens betydning for leting etter
intelligent liv i galaksen 79
- La Hoz, Cesar:*
FFV Gratulerer: Humboldtprisen til Ove Havnes 42
- Høgåsen, Hallstein:*
Bokomtale: Bjørn Gjevik: Flo og fjære
langs kysten av Norge og Svalbard.
Farleia forlag, 2009 97
- Ingebretsen, Finn:*
Bokomtale: Arne Totland og Truls Sevje:
Thorium - bærekraftig og miljøvennlig kjernekraft.
Tapir Akademiske Forlag, 2008 64
- Johnsson, Anders og Tore Lindmo:*
FFV Gratulerer: Arne Valberg 70 år 39
- Juzeniene, Asta, Arne Dahlback og Johan Moan:*
Fysikkfeil i medisinsk forskning 57
- Kjeldstad, Berit:*
FFV Gratulerer: Anders Johnsson 70 år 102
- Knutsen, Henning:*
Bokomtale: J.R. Primack og N.E. Abrams:
Utsikt fra universets sentrum.
Flux Forlag, 2008 31
- Knutsen, Henning:*
Sir Arthur Stanley Eddington
Det 20. århundrets store astrofysiker 85
- Knutsen, Henning:*
Fra Fysikkens Historie: Alexandr Friedmann –
meteorologen som satte fart på universet 90
- Knutsen, Henning:*
Bokomtale: Helge Kragh: Entropic Creation.
Ashgate, 2008 95
- Knutsen, Henning:*
Presten og advokaten som la fundamentet
for Big Bang-modellen for universet 121
- Lilje, Per Barth:*
In Memoriam: Sjur Refsdal (1935–2009) 7
- Martinsen, Ørjan G.:*
FFV Gratulerer: Sverre Grimnes 70 år 70
- Nilsen, T., L.S. Grønmo, C. Angell og E.K. Henriksen:*
Fysikk i skolen: Astronomi, et løft for fysikkfaget? .. 131
- Ovaldsen, Jan-Erik:*
Hva skjer: Astronomiåret 2009 28
- Rekstad, John og Finn Ingebretsen:*
FFV Gratulerer: Gunnar Løvholden 70 år 38
- Samuelsen, Emil J.:*
Bokomtale: A. Furrer, J. Mesot and T. Strässle:
Neutron Scattering in Condensed Matter Physics.
World Scientific, 2009
B. Terry, W. Willis and Collin J. Carlile:
Experimental Neutron Scattering.
Oxford University Press, 2009 133
- Samuelsen, Emil J. og Anne Borg:*
FFV Gratulerer: Ola Hunderi 70 år 41
- Samuelsen, Emil J. og Dag W. Breiby:*
Røntgenlaser 42
- Samuelsen, Emil J. og Dag W. Breiby:*
Solceller av organisk materiale 47
- Sortland, Merete Økland:*
Bokomtale: Leif Wedøe:
Glimt fra eksperimentets historie.
Cappelen Damm, 2009 62
- Svåsand, E., G. Helgesen og A.T. Skjeltorp:*
Karbonkjegler og magiske væsker 52
- Sudbø, Asle:*
Nobelprisen i fysikk 2009 105
- Sudbø, Aasmund S.:*
Gjest i FFV 102
- Sørensen, Sven Oluf:*
Atombombespionene – Del II 9
- Sørensen, Sven Oluf:*
Atombombespionene – Del III 114
- Toft, Heidi Kristine:*
Kjernevåpens fysikk og virkemåte 108

prosjektet. For Norges del har regjeringen annonsert et økonomisk bidrag på 2,5 % av byggekostnadene, mens Danmark bidrar med 12,5 % av totalkostnaden, beregnet til ca. 10 milliarder norske kroner. Som vertslend dekker naturlig nok Sverige en større andel, 30 % av byggekostnadene og senere 10 % av driftskostnadene. Første trinn nå er en prekonstruksjonsfase der det tekniske grunnlaget vil bli nøye gjennomgått -særlig med hensyntagen til den siste tids utvikling vedrørende akselerator- og targetteknologi.

Selv om denne artikkelen er sentrert rundt det store europeiske prosjektet ESS, så er det verdt å merke seg at Sverige nylig har bestemt seg for å bygge et nytt synkrotronanlegg, MAX IV, dvs. en avansert røntgenkilde, i samme område som ESS skal bygges utenfor Lund. Kombinasjonen av nøytroner og røntgen er som nevnt meget slagkraftig, og det faktum at vi nå får en samling av svært avanserte forskningsverktøy i vårt nærområde åpner for interessante muligheter for skandinavisk samarbeid og forskerutdanning fremover.

Referanser

1. James Chadwick: *Possible existence of a neutron*. Nature **129**, 312 (1932)
2. O. Steinsvoll: *60 år siden nøytronet ble oppdaget*. FFV **54**, nr. 3, 70–75 (1992)
3. O. Steinsvoll: *Nøytronfysikkens begynnelse og utvikling*. FFV **54**, nr. 4, 100–107 (1992)
4. O. Steinsvoll: *Nøytronkilder før og nå*. FFV **64**, nr. 2, 40–45 (2007)
5. *ESF studies on Large Scale Facilities in Europe*. Interim report (2000)
6. *Analytical report: Neutron Beams and Synchrotron Radiation Sources*. Megascience: The OECD forum, OECD Paris (1994)
7. J. Kjems (chairman): *The European Spallation Source (Vol I); The Scientific case (Vol II), The ESS technical study (Vol III)*. Risø, Danmark (1997)
8. O. Steinsvoll: *ESS – Den europeiske spallasjonskilden for nøytroner*. FFV **65**, nr. 1, 12–22 (2003)
9. European Strategy Forum for Research Infrastructures (ESFRI): *European roadmap on research infrastructures*. (2006)
10. *The ESS Scandinavia submission to the ESFRI working group on ESS siting*. 28. April (2008)
11. Fra "The neutron-muon portal": <http://neutron.neutron-eu.net>
12. O. Steinsvoll: *Småvinkelspredning av nøytroner i biologisk forskning*. FFV **53**, nr. 1, 18–23 (1991)

∞

Eksperimenter av gigantiske dimensjoner – er de gunstige?

Lillian Smestad *

Innledning

Før i tiden kunne forsøk på å avsløre naturens lover gjøres med enkle eksperimenter som til og med kunne være enmannsforetak. Et eksempel på dette er at Victor F. Hess oppdaget kosmisk stråling ved å gjøre målinger med et elektroskop i en luftballong

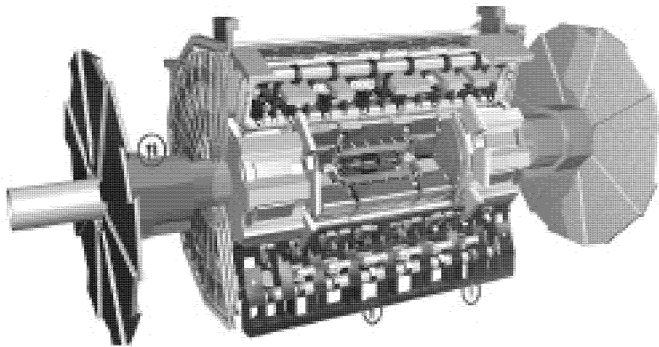
– dette fikk han endatil nobelprisen for i 1936.⁽¹⁾ Tenk på den følelsen av prestasjon og ferdigheter slike mennesker må ha hatt! I dag ser ting ut til å ha blitt veldig mye mer kompliserte. Nivået av spesialisering er voldsomt, og eksperimenterne må til tider være gigantiske for å kunne innfri betingelsene som er nødvendige for nye oppdagelser. Verken en enkeltperson, en forskningsgruppe eller til og med et land vil ha de økonomiske ressursene som kreves for

* Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

å tilfredsstille alle disse betingelsene. Dermed blir enorme samarbeidsprosjekter opprettet – men hva gjør dette med selvfølelsen til forskerne? Er slike gigantiske prosjekter virkelig det beste for vitenskapen i seg selv og akkumuleringen av kunnskap, eller er det kanskje bedre å søke tilbake til røttene, å konsentrere seg om eksperimenter av mindre omfang med økt fokus på den enkelte forskeren?

Et eksempel

Prototypen på et slikt kjempeprosjekt er CERNs akselerator LHC (Large Hadron Collider).⁽²⁾ I dette eksperimentet samarbeider rundt 8000 forskere fra 85 nasjoner om å fravriste naturen dens hemmeligheter. Her lar en partikler med hastigheter nær lysets kollidere for å finne ut av hva de minste bestanddelene i naturen er, og hvordan disse vekselvirker med hverandre. Det er i dette forskningsfeltet jeg har min bakgrunn, nærmere bestemt ved ATLAS-detektoren,⁽³⁾ et av de fire store eksperimentene tilknyttet LHC. Se figur 1 for en illustrasjon av denne detektoren. Alene ville intet land hatt ressurser til å bygge denne enorme maskinen som er nødvendig for å (forhåpentligvis) skape partikler som hittil ikke er oppdaget.



Figur 1. Vidunderet ATLAS-detektoren. Legg merke til menneskene (innsirklet), i korrekt størrelsesforhold (©CERN).

Uunngåelig, men frustrerende

Kravene til høyere energi, presisjon og/eller fysisk størrelse for å utvide kunnskapen på dette feltet, gjør de store eksperimentene uunnværlige. Det setter så høye krav til teknologi og ressurser at et land alene ikke kan stå for finansieringen. Det er altså ikke til å komme vekk fra at store samarbeid

må finne sted. Men er det gunstig, og i så fall for hva eller hvem? En ting som taler imot store samarbeidsprosjekter er at følelsen av å oppnå noe forsvinner for forskeren. Som illustrert i figur 2, blir man bare en forsvinnende liten brikke i et gigantisk puslespill og kan lett oppfatte seg som uviktig i den store sammenhengen. Dette gjør det vanskelig å holde motivasjonen oppe. Mye av tiden går i tillegg med til å overkomme tekniske problemer som ikke har noe med fysikken i seg selv å gjøre. Her kommer vi naturlig inn på problemet med det ekstreme nivået av spesialisering.



Figur 2. I et stort samarbeidsprosjekt kan man lett få følelsen av at man selv bare er en forsvinnende liten brikke i det store puslespillet (Stephanie Oberlander, The Virginian-Pilot).

Spesialisering

For å være i stand til å tolke fysiske variable fra informasjonen som eksperimentet produserer, må man ha veldig god kjennskap til tekniske detaljer. Det må likevel eksistere en grense for hvor langt denne spesialiseringen kan gå. En kan se for seg at det til slutt vil ta så lang tid å erverve seg de nødvendige kunnskapene at man aldri kommer dithen at man er i stand til å gjøre det man egentlig ville gjøre. Kanskje det i fremtiden blir slik at man fra fødselen av blir forutbestemt til å jobbe med overføringen av data i chipkomponenten Mxp3 for prosjektet GridCompWW tyve år frem i tid. Et slikt scenario høres flåsete ut, men det å planlegge så langt frem er i seg selv ikke en hårreisende sak. Planleggingen av byggingen av LHC hadde sin spede begynnelse alt i 1984.

Fellesskapsfølelse

Nå er jo selvfølgelig ikke de negative sidene hele historien. Ved å jobbe i store samarbeidsprosjekter får man også følelsen av fellesskap. Dette er en viktig effekt å gi næring til, ikke bare for enkeltmenneskers del, men også for samfunnet. Det er unektelig en positiv side ved slike store samarbeider at de kan fremme fred. Fredsaspektet kommer i kraft av at personer fra mange ulike nasjonaliteter samarbeider og overkommer de kulturelle og sosiale forskjellene for å nå et felles mål. Men spørsmålet var nå engang hvorvidt slike store samarbeidsprosjekter er gunstig for forskerne selv, og for samling av viten – ikke hvorvidt samfunnet drar nytte av det i andre former enn naturvitenskapelig kunnskap.

Ekskluderende sjargong

Når det gjelder innsamlingen av viten og selvfølelsen til forskerne, bør vi legge merke til at store samarbeidsprosjekter utvikler en egen sjargong. Denne sjargongen kan nærmest oppfattes som et eget språk, og kan lett ekskludere personer som befinner seg utenfor prosjektet. Dette kan være tilfelle selv innenfor et prosjekt – hvilket er sant for ATLAS, der det er svært vanskelig å følge med på møtene til undergrupper en selv ikke er med i. Uforståelige forkortelser florerer. Betydningen av mange begreper antas å være innforstått. Detaljnivået er avskrekkende. Dette vanskeliggjør samarbeid på tvers av forskjellige disipliner og fører til at den positive fellesskapsfølelsen uteblir og raskt blir erstattet med en følelse av desperasjon, håpløshet, fortvilelse og isolasjon. Ikke bare vanskeliggjør dette samarbeid på tvers av forskjellige disipliner, det gjør også terskelen veldig høy for å få en fot innenfor en arbeidsgruppe og kunne bidra med noe der.

Erfaringer

Det er klart at erfaringer gjort av forskere som jobber alene eller i små grupper, er forskjellige fra erfaringer hos forskere som jobber i kolossale samarbeidsprosjekter. Mens forskere i store samarbeider til tider får følelsen av å bevege seg i fellesskapets "sirup", er forskerne i små eksperimenter mer sine egne herrer. De blir kanskje mer resultatorienterte på det individuelle plan og flinke til å jobbe mot den neste produksjonen, for eksempel i form av å publisere en artikkel. Dette gir et konkret bevis

på innsats og dermed også en følelse av å prestere noe. I ATLAS-eksperimentet er det slik at artikler som skal gis ut må gå igjennom en intern evalueringsprosess, og når de kommer ut på den andre siden er forfatteren ganske enkelt blitt til "ATLAS-samarbeidet". Med mer enn 2900 forskere som jobber med ATLAS-eksperimentet, kan man forestille seg at det å gi ut en slik artikkel ikke akkurat gir den største følelsen av personlig prestasjon. Figur 3 illustrerer omfanget av ATLAS-samarbeidet.



Figur 3. Her er noen av medlemmene i ATLAS-prosjektet oppstilt i en av hovedbygningene på CERN. Men de fleste som jobber i dette prosjektet befinner seg ikke på CERN (©CERN).

Problemer også i mindre grupper

Nå skal man ikke glorifisere forskning i små grupper. Forskere i små eksperimenter opplever også motgang og frustrasjon. Kanskje er samarbeidsprosjektet de jobber i lite, men muligens også geografisk spredt, noe som kan gjøre det vanskelig å få hjelp når man står fast. Det er noe uvurderlig i det å kunne diskutere problemer ansikt til ansikt. Tidvis vil det heller ikke være mulig å ta i bruk virtuelle møter på grunn av forskjellige tidssoner, arbeidssplaner eller andre hindringer. Spredning i lokalisering kan jo like godt skape problemer for forskere i store som små samarbeidsprosjekter.

Et annet trekk som gjelder like så mye individuelle forskere som forskere i omfangsrrike kollaborasjoner, er den tidligere omtalte spesialiseringen vi opplever i dag. Min veileder sa en gang: "Alle de enkle tingene er allerede gjort." Det kan godt være at en broderlig del av denne følelsen av håpløshet, av det å drukne i detaljer, stammer fra dette faktum heller enn av oppstillingen "lite versus stort eksperiment".

Overlevelse

For at et prosjekt skal kunne komme den felles kunnskapsbasen til gode, må det overleve lenge nok til at det kan gi resultater. Et samarbeid støttet opp av et større antall land og mennesker gir en helt annen trygghet og et stødigere fotfeste enn det små eksperimenter kan gi. Disse veldige prosjektene er i mye større grad sikret å overleve svingninger i det økonomiske markedet og svikt i enkeltmenneskers innsatsvilje og glød, ganske enkelt gjennom det faktum at det er flere som drar lasset. Dette trygger utvidelsen av kunnskap og ervervelsen av ny teknologi på en måte som eksperimenter med få ansvarspersoner ikke kan.

”Think outside the box”

Forskningen trenger også mennesker som tenker annerledes, og som går litt på tvers av det som er doktriner i tiden. Dette har vist seg flere ganger som da kvantemekanikken ble født eller gjennom Einsteins generelle relativitetsteori. Det kan være at de store samarbeidene ikke har rom for slike ”sære” ideer. Jeg kan dog ikke med min erfaring i ATLAS-eksperimentet stille meg bak denne tanken da jeg ikke opplever at ideer som er litt på siden av den gjengse oppfatningen blir rykket opp med roten. Så lenge forskningen blir utført i henhold til vitenskapelige metoder, kan jeg ikke tro at den vil bli avslått. ”Sære” ideer kan bli begrenset innenfor en forskningsgruppe – man kan bli frarådet å arbeide med en slik idé fordi det ikke er et satsingsområde for forskningsgruppa, men dette er ikke en ideologisk begrensning. Det kan være at små eksperimenter ikke vil ha ressursene til å stable et prosjekt på bena for å utforske en ny, ”sær” idé, mens i et stort prosjekt er infrastrukturen allerede på plass. I dette tilfellet vil det være store samarbeider, og ikke små prosjekter, som gir plass til de nye tankene.

Konklusjon

Vi kan med alt dette komme til den noe kjedelige konklusjonen: Vi må ha både store og små prosjekter. De små eksperimentene har ikke ressurser nok til å bryte alle viktige barrierer i kunnskapsmuren, hvilket gjør de store samarbeidsprosjektene nødvendige. Det som virker klart er at vi trenger både den kollektive innsatsen i store eksperimenter og de ensomme rytterne for å ri inn i en solnedgang av fremgang for en bedre morgendag.

Referanser

1. Robert P. Crease and Charles S. Mann: *The Second Creation*. MacMillan Publishing Company (1986), side 148 og 152, om oppdagelsen av kosmisk stråling.
2. <http://cern.ch>
3. <http://atlas.ch>

∞

Fysikknytt

Når elektrisk isolerende materiale blir supraleiande

I løpet av dei siste 5-6 åra har eit nytt fenomen dukka opp i faststoff-fysikken: Grenseflater mellom isolatorar kan oppvise overraskande elektriske leiingseigenskapar.

Krystallar av *strontiumtitanat*, SrTiO_3 , og *lan-tanaluminat*, LaAlO_3 , er kvar for seg elektrisk isolerende. Dei tilhører strukturtypen *perovskitt*, som er kubisk, og som er prototypstruktur for mange ferroelektriske materiale. Det er ei materialgruppe av stor interesse i samanheng med ferroelektrisk basert mikroelektronikk. Men når SrTiO_3 og LaAlO_3 blir førte i atomær kontakt med kvarandre, oppstår høg elektrisk leiingsevne i grensesjiktet mellom dei to. Jamvel supraleiing opptre ved tilstrekkeleg låge temperaturar!

Atomær kontakt betyr at dei to overflatene må vere bortimot perfekte. Krystallflater ser gjerne blanke og glatte ut, men i mikroskopisk målestokk er dei langt ifrå heilt plane. Terrassar, groper og andre fordjupningar fører til ein betydeleg *ruhet* som hindrar nærkontakt mellom overflateatoma frå dei to sidene, når makroskopiske krystallflater blir førte saman. Berre over små flater, i nanometer- til mikrometer-område, kan ein vone å få gode atomære kontaktflater.

Dagens nanoteknologi har gjort slike kontaktar moglege. I eit arbeid av Ohtomo og Hwang publisert i *Nature* i 2004, vart høg leiingsevne påvist i overgangen mellom SrTiO_3 og LaAlO_3 . I eit arbeid frå 2007 av Reyren og medarbeidarar ved universitetet i Geneve, brukte dei gassdeponeringsteknikkar til først å lage eit nesten feilfritt lag av SrTiO_3 , og så deponerte dei tynne lag av LaAlO_3

oppå. Tjukkkleiken av LaAlO_3 varierte med opptil 15 einingscellelag på prøvene dei studerte, svarande til seks nanometer. Dei var også i stand til å kople elektrodar til prøvene og måle elektrisk leiingsevne parallelt med overflata. Figur 1 viser viktige funn.

Prøver med berre 2–4 LaAlO_3 -lag viser seg å vere isolerande, også ved låge temperaturar. Men dei tjukkare prøvene syner høg elektrisk leiingsevne ved alle temperaturar, omtrent som i metall. Ved dei lågaste temperaturane forsvinn resistiviteten heilt, sjå figur 1A: Ein har å gjere med *supraleiing*. Den *kritiske temperaturen* er på om lag 0,2 og 0,1 K for dei to prøvene. I figur 1B ser ein vidare at supraleiinga kan påverkast av små ytre magnetfelt, og ho forsvinn ved feltstyrkar over ein kritisk verdi.

At materialoverflater og grenseflater kan ha leiingsegenskapar som er ulike dei som gjeld inne i materialet, er i seg sjølv ikkje så uvanleg, t.d. ved halvleiarane Si og GaAs, og også ved enkelte halvleiande oksid som NiO. Men dramatiske elektroniske effektar ved *isolator*-grenseflater er nytt og spennande.

Kva kan årsakene vere til leiingsevna som opptrer mellom isolatorane? Ein kjenner til at det kan skje flytting av atom og ion på overflater og grenseflater. Iblant kan den geometriske strukturen i grenseflater bli omlagra ("reconstruction"), og ein tenkbar mekanisme kunne vere at der er oksygendifusjon i grensesjiktet, og at det oppstår ladde tom-plassar og flyttbare oksygenion. Ein slik modell kan ha mykje for seg, men det forklarar ikkje at effekten opptrer først når tjukkkleiken er stor nok.

Forskarar i feltet har lagt fram som forklaring at det er *elektrona* som diffunderer i grensesjiktet. Den modellen tar utgangspunkt i at det er ein kvalitativ ulikskap mellom SrTiO_3 -sjiktet og LaAlO_3 -sjiktet ved at det siste består av *ladde* lag.

Einingscella til perovskittstrukturen er vist i figur 2. Parallelt med kubeflatene består materiala av vekslende metalloksygenlag: SrO og TiO_2 , og LaO og AlO_2 . Oksygenet er eit negativt toverdig ion, O^{2-} , strontium er positivt toverdig, Sr^{2+} , lantan og aluminium er positivt treverdige, La^{3+} og Al^{3+} , medan titan kan ha ulike valensar, men er positivt fireverdige her, Ti^{4+} , for å gi ladningsnøytralitet. Ein kan merke seg at SrO - og TiO_2 -laga kvar for seg er elektrisk nøytrale, medan vi har ladde lag i LaAlO_3 : LaO^+ og AlO_2^- .

På den *atomære* grenseflata mellom dei to materiala blir det derfor ein elektrisk ubalanse. Men den kan bli kompensert ved at ladning diffunderer

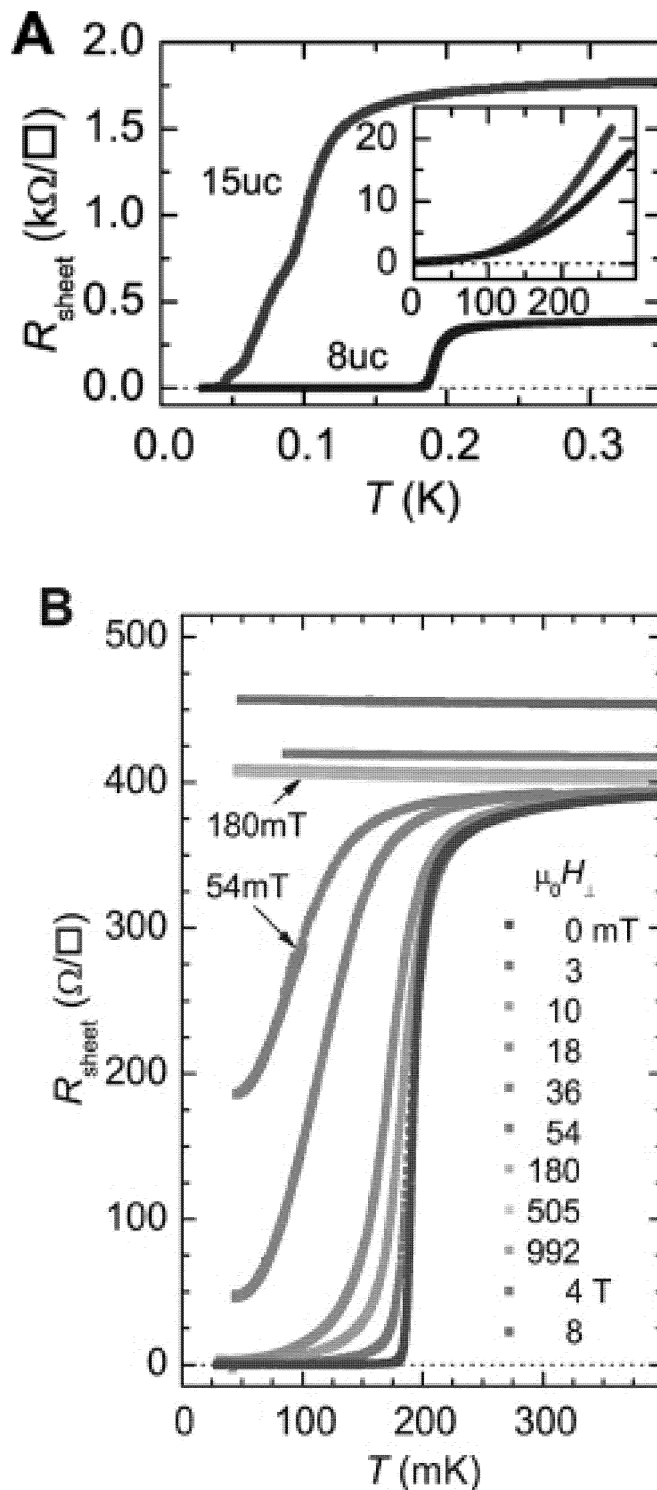
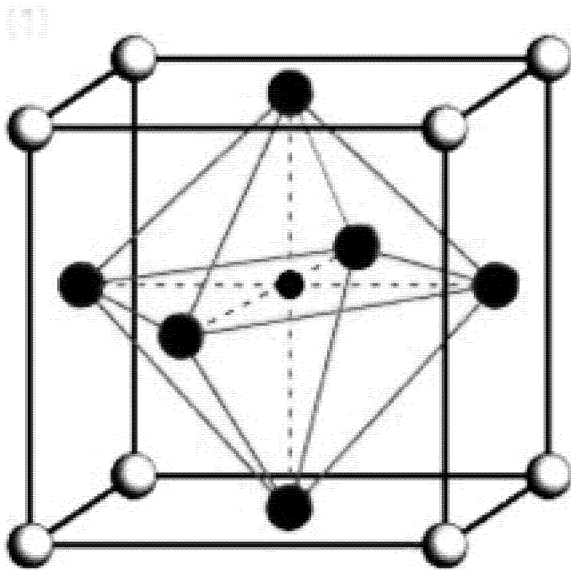


Figure 1. Måleresultat av Reyren et. al. (Science 317, 1196-99 (2007)) (gjengitt med løyve): A: Målt resistivitet mot temperatur for to prøver med tjukkcleik 8 og 15 einingsceller (uc). B: Resistivitet av 8-uc-prøva under varierende påtrykte magnetfelt. C: Målt samanheng mellom kritisk magnetfelt og temperatur for dei to prøvene.

mellom sjikta. Ein kan tenke seg at alle sjikta opprinneleg var nøytrale, og at 1/2 elektron så flyttar seg mellom sjikta som pilene i figur 3 viser. Det



Figur 2. Einingscelle av perovskitt, SrTiO_3 eller LaAlO_3 . Opne symbol: Sr^{2+} eller La^{3+} . Store fylte symbol: O^{2-} . Små fylte symbol: Ti^{4+} eller Al^{3+} . Oktaeder av TiO_6 eller AlO_6 er vist. Merk at atoma i hjørna og på grenseflatene av kuben blir delte med nabocellene.

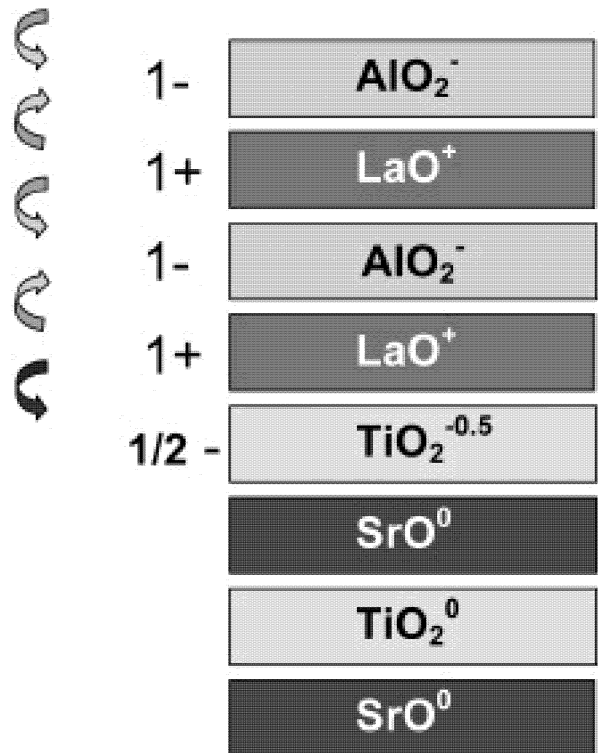
vil gi ladningsverdiar som forklart ovanfor, bortsett frå første TiO_2 -sjikt, som får ladning $1/2-$. Dette er mogleg fordi Ti-atomet kan ha fleire valensar. Modellen opnar for ein mekanisme for leiingsevna, meiner ein. Eksperiment bekreftar at Ti^{3+} -ion opptrer i grensesjiktet.

Ein har å gjere med eit *todimensjonalt* elektronleiingssystem, jamvel ein todimensjonal supraleiar! Tjukkheiken på dei leiande sjikta er ikkje fastlagt nøyaktig, anna enn at dei er "nokre nanometer" tjukke.

Endeleg svar på kva leiingsmekanismen er, har ein enno ikkje. Men det er stor forskingsaktivitet på området, i Europa spesielt ved Universitetet i Genève (Triscone) og ved Universitetet i Augsburg (Mannhart).

Fleire interessante detaljar er blitt rapporterte i det siste. Til dømes synest det berre å vere grenseflater mellom LaO^+ -lag og TiO_2 -lag som gir høge leiingsevne, dominert av *elektrontransport* i TiO_2 -laget. Elektronmobiliteten er høg, men det er også den *effektive elektronmassen* ($\sim 3 m_e$). Leiingstilstanden kan kontrollerast ved hjelp av ytre *elektriske* felt, og ein transistor basert på sjiktleinga er blitt demonstrert.

Optimistane i forskingsfeltet ser for seg at ein skal kunne utvikle snøgge elektroniske element basert på desse grenssjiktteffektane. Andre spekulerer på om *grensesjiktteknologi* er ein veg å gå for å få til supraleiing ved høgre temperaturar ved å nytte



Figur 3. Grensa mellom SrTiO_3 (nedst) og LaAlO_3 (øvt) med ladningsoverføringar mellom sjikta. Ein kan tenke seg $1/2$ elektron overført som pilene viser. Halvparten av Ti-atoma endrar valensen frå $4+$ til $3+$ i TiO_2 -sjiktet ved grensa, som blir ladd med $1/2-$.

kopparoksidlag av den typen som opptrer i dei såkalla høgtemperatur-supraleiarane. Her er problemet å framstille tilstrekkeleg skarpe og veldefinerte grenseflater av kopparoksid.

Emil J. Samuelsen
Institutt for fysikk, NTNU

∞

Bokomtale

Walter Isaacson: Einstein. Hans liv og univers. Cappelen Damm, 2010, ISBN 978-82-02-29010-8 (682 sider), 449 kr.

Tar det da aldri slutt?

Det kan neppe være noen tvil om at Albert Einstein er den forsker som har fått sitt private liv og sin vitenskapelige gjerning gransket mest omhyggelig og detaljert. Vitenskapsmannen snudde opp ned på tilvante og opplagte begreper og sammenhenger. Han avslørte et univers som trosser tankens intuitive forestillinger. En ung og ukjent Einstein hevdet at tid og rom ikke er uavhengige størrelser, men på merkelig vis er de filtret sammen til en høyere enhet. Han påstod dristig at lysbølger gjerne må erstattes med kompakte energipakker for å begripe visse fysiske fenomen. Men "trollmannen" var en trygg og meget ansett professor da han presenterte sitt enestående mesterverk. Der kom det fram at det ikke er noen tyngdekraft som bestemmer banen til legemer. Legemene har vær så god å følge en slags minste motstands veg gjennom tid og rom. Energifordelingen i universet avgjør hvordan strukturen av tid og rom vranger og vrir på seg, og denne krumningen fastsetter ferden til partiklene. Einstein ble umiddelbart verdensberømt da målingene fra solformørkelsen i 1919 fastslo at han hadde rett. Verden er ikke slik vi ganske naivt synes den bør og må være.

Det er skrevet solide hyllemeter med biografier om Einsteins liv og lagnad. Mange av dem vitner om nitid arbeid og flittig forskning. Andre er overfladiske og uten særlig verdi. En skulle kanskje tro at nok er nok. Emnet er vel tømt og kan ikke by på ny kunnskap for de nysgjerrige? Den gang ei. Nå foreligger i norsk språkdrakt siste bidrag for de vitebegjærlige. Walter Isaacson sin biografi "Einstein. Hans liv og univers" er en mektig "murstein" på hele 682 sider.

Jeg mener å ha lest de fleste av de biografier som allerede foreligger om Einstein, og har i sin tid sågar anmeldt et par av dem. Derfor forventet jeg at det ville bli et ork å pløye gjennom de mange sidene. Men det ble faktisk noen hyggelige timer. En skal muligens ikke se bort fra den gleden et menneske har ved på nytt å møte en leseropplevelse som en følte var berikende for ens liv. Som kjent ruster ikke

gammel kjærlighet. Walter Isaacson skriver nemlig både godt, interessant og spennende.

På omslaget til boka blir det riktignok fortalt at Isaacson er den første som har fått adgang til alle arkivene etter Einstein. Jeg iler med å fortelle at jeg ikke synes det er derfor boka har så stor aktualitet og er verdt å ofre timer på. Jeg fikk liten ny viten som var av vesentlig verdi. Jeg fant ingen sensasjonelle avsløringer til skadefryd eller forargelse.

Det som frydet mitt sinn var den lette flyten og slentrende gangen i fortellingen. Her følger vi i kronologisk rekkefølge Einstein sin ferd gjennom livet. Barnet Albert møter dagen med livsglad nyfikenhet. Ungdommen Albert Einstein får oppleve skuffelse og motgang under skolegang og studier. I sin manndom får forskeren Einstein oppleve slit og strid før han står som den altbeseirende berømt. I hans alderdom møter vi jøden Einstein som advarer sitt stammefolk mot å innta en fiendtlig holdning overfor sine arabiske naboer. Her finner vi også paradokset der pasifisten Einstein må anbefale den amerikanske presidenten å utvikle den fryktelige atombomben. Jeg er nokså skeptisk til en Einstein som totalt fordømmer det tyske folk for nazistenes skjenselsgjerninger. Han viser ikke samme dømmekraft og avvisning når det gjelder de uhyre redselsgjerningene til despoten og forbryteren Josef Stalin mot sitt eget folk.

Einstein sitt familieliv var heller ingen idyll. Det første ekteskapet endte i nederlag og katastrofe. Ekteskap nummer to var en fornuftig kontrakt uten forelskelsens sanseløse lykkerus. Den yngste sønnen med det sarte sinn endte sitt liv på institusjon for sinnslidende.

Forfatteren kommer heller ikke utenom å ta på seg den utakknemlige oppgaven å forklare noe av innholdet i Einsteins teorier for folk uten nødvendig kunnskap i fysikk. Her observerer jeg at han har fått god hjelp av vitenskapsfolk som er de beste eksperter på Einsteins profesjonelle virke. Deres bidrag gjenspeiles i tekstens pålitelighet. Selvsagt kan ikke leseren forvente at denne boka skal være den ypperste populærvitenskapelige framstilling. For det finnes en uhorvelig mengde av pedagogisk glimrende bøker som nøyer seg med å forklare Einstein sine modeller for kosmos og den mikroskopiske verden på et grundig, men lettfattelig vis.

Men boka til Isaacson forsvarer sin plass og er hermed anbefalt.

Henning Knutsen

Hva skjer

NORDITA er flyttet til Stockholm

Etter 50 år i København har NORDITA, Nordisk institutt for teoretisk fysikk, nå gjennomgått en vellykket nyetablering i Stockholm. Det nye instituttet viderefører tradisjonene fra København-tiden, samtidig som en spennende fornyelse har funnet sted.

NORDITA ble grunnlagt i 1957, vegg i vegg med det kjente Niels Bohr Institutet i København. Etter noen år som uavhengig institutt ble NORDITA underlagt Nordisk Ministerråd (NMR) og har siden vært den største av NMRs institusjoner. Med tiden har instituttets faglige profil og repertoar utviklet seg i takt med at nye retninger og fagfelt har dukket opp internasjonalt. NORDITA har vært med i fronten av denne utviklingen, men hele tiden med fokus på grunnforskning av høy kvalitet innen teoretisk fysikk. Forskningen ved NORDITA i dag spenner over et bredt spekter av fagområder som blant annet inkluderer astrofysikk, biofysikk, komplekse system/statistisk fysikk, kondenserte fasers fysikk, kosmologi/gravitasjonsteori og strengteori/subatomær fysikk.

Betydningen som NORDITA har og har hatt for den teoretiske fysikken i Norden generelt og i Norge spesielt, kan knapt overvurderes. Instituttet har hatt en rekke fast ansatte professorer som har vært verdensledende innen sine felt og har gjort instituttet kjent langt utenfor Norden. Totalt har flere hundre unge nordiske fysikere jobbet som forskningsstipendiater i dette dynamiske og internasjonale miljøet. Mange av disse er nå fast ansatt ved andre nordiske universiteter, men har fortsatt å benytte seg aktivt av NORDITA ved å avholde samarbeidsmøter, arrangere og delta i konferanser eller holde foredrag der. Takket være NORDITA eksisterer det et sterkt faglig-sosialt nettverk blant teoretikere i Norden på tvers av universitets- og landegrenser; mange livslange samarbeidsrelasjoner og vennskap har oppstått i dette miljøet.

De senere år har NORDITA vært gjennom en periode med store omveltninger. I 2003 bestemte NMR at forvaltningen av de nordiske instituttene skulle overføres til nasjonale institusjoner samtidig som finansieringen ble kuttet med 50 %. Dette førte til en lang og komplisert politisk prosess som



NORDITA-bygningen i vakre omgivelser på Alba Nova i Stockholm.

endte med en avgjørelse om å flytte NORDITA fra København til Stockholm ved utgangen av 2006. "Filialen" i København vil fases ut etter hvert som den gjenværende staben går av med pensjon.

Hvordan har det så gått med NORDITA i Stockholm siden oppstarten i 2007? Status per i dag er at bemanningen er nesten fullført – instituttet har nådd likevektstilstand med ti postdocs og fem "assistent professors" (femårsstillinger) til enhver tid, og man er i ferd med å ansette de to (foreløpig) siste professorene. Flertallet av professorene som ble igjen i København, pendler og tilbringer en betydelig del av sin tid i Stockholm. I tillegg har instituttet ekspandert kraftig ved at en av professorene, astrofysikeren Axel Brandenburg, nylig er tildelt et stort EU-prosjekt som finansierer ytterligere postdocs og doktorstipendiater. Aktivitetsnivået er høyt. Dette skyldes spesielt NORDITA-programmene, et nytt konsept som ble innført etter flyttingen og er inspirert av blant annet Kavliinstituttet for teoretisk fysikk i Santa Barbara. Under et slikt program samles typisk 20–30 nordiske og andre forskere for å jobbe med et bestemt tema i 4–6 uker. Her kombineres foredrag, uformelle diskusjoner, intens forskningssamarbeid og sosialt samvær, og dette har vist seg å være meget fruktbart. Det kjøres nå programmer nesten kontinuerlig hele året. Det er fritt fram for alle å søke om å arrangere et program i Stockholm, og temaene spenner bredt; både tilgrensende fagområder som klimaforskning og fluidmekanikk, og eksperimentelle spørsmål er representert. I tillegg til disse programmene tilbyr instituttet mer tradisjonelle konferanser, sommer-skoler og besøksstipend. Videre jobbes det nå med et fellesnordisk kurstilbud på PhD-nivå som går

utover den undervisningen hvert enkelt nordisk universitet er i stand til å tilby sine doktorander.

Den 24. april 2009 feiret NORDITA sin lange historie og den vellykkede nyetableringen med et én-dags symposium i Stockholm. NORDITA-venner fra hele Norden, samt representanter fra politikk og de nordiske forskningsrådene, hadde stor glede av arrangementet som besto av en rekke foredrag, tid for "mingling & mimring", samt en bankett. Spesielt hyggelig var det at hele staben fra Københavntiden, inkludert den gamle administrasjonen, deltok.

NORDITA er også blitt sterkt integrert i det lokale fagmiljøet; instituttet ligger vegg i vegg med fysikkinstitutene til Stockholms Universitet og Kungliga Tekniska Högskolan på Alba Nova-campusen. Faglig samarbeid med disse, felles seminarer og kurs bidrar til den sydende aktiviteten. Vi som har besøkt NORDITA har dessuten hatt gleden av å oppleve det fantastiske og inkluderende sosiale miljøet som har oppstått der, med blant annet ukentlige filmkvelder og restaurantbesøk hver fredag. Det er ikke uvanlig at 10–15 personer er med på dette, og stemingen er som oftest høy...

Den viktigste forutsetningen for NORDITAS fortsatte eksistens er finansiering. Nordisk Ministerråd står nå for 50 % av budsjettet, og både de lokale universitetene og det svenske forskningsrådet gir betydelige bidrag. Resten bør komme fra de andre nordiske landene via forskningsrådene og/eller private aktører. Det jobbes aktivt med å finne langsiktige løsninger, og velviljen er til stede hos alle parter, så det er all grunn til å være optimistisk.

I likhet med sluttrapporten etter vårens internasjonale evaluering av NORDITA kan vi altså trygt konkludere med at nyetableringen i Stockholm har vært ytterst vellykket. Selv om det i utgangspunktet var delte meninger blant fysikerne i Norden om relokaliseringen, synes det nå å være stor entusiasme og bred enighet om å støtte opp under "det nye NORDITA" for å sikre dets sentrale rolle i nordisk teoretisk fysikk også i fremtiden.

Til slutt en oppfordring til alle kolleger rundt om i Norge med interesse innen teoretisk fysikk/astrofysikk eller tilgrensende emner: NORDITA er en ressurs som står til disposisjon for dere. Bruk den! Kikk innom websiden, søk om å få arrangere programmer eller workshops, dra på besøk, send stipendiatene deres på kurs, eller inviter NORDITAS forskere til å holde foredrag ved universitetet deres. Utgiftene vil som regel bli

dekket av NORDITA. Mer informasjon finnes på <http://www.nordita.org>. Der er det også mulig å registrere seg som mottager av NORDITAS elektroniske nyhetsbrev.

Susanne Viefers

Norges representant i NORDITAS styre.

∞

Kr. Birkeland hedret av Norwegian

Den moderne romforskningen har ført til at professor Kristian Birkelands forskningsresultater fra om lag hundre år siden har fått en renessanse. Kartleggingen av jordas nære verdensrom med raketter og satellitter har vist at Birkelands ideer ble et godt fundament for den moderne romforskningen.

Nå har flyselskapet "Norwegian" hedret Kr. Birkeland med å male hans portrett på halen til et av sine fly. Dette skjedde 1. desember 2009. Birkeland er den første fysikeren som er kommet med blant Norwegians "halekjendiser", og han er presentert i "Magasinet" til flyselskapet på følgende måte:



Kristian Birkeland (1867-1917) was first to recognize the importance of Maxwell's equations for understanding the Sun's influence on geomagnetic disturbances. As a young physics professor at the University of Oslo he led three field campaigns to establish the causes of northern lights and electric currents in the upper atmosphere, described in his monumental The Norwegian Auroral Polaris Expe-

dition 1902–1903. He developed the first industrial process for nitrogen-fixation in manufacturing artificial fertilizers, thereby laying the foundation for the thriving Norsk Hydro enterprise. Between 1907 and 1917 he was nominated for the Nobel Prize four times each in chemistry and physics.

Alv Egeland

∞

Landskonferanse om fysikk-undervisning 8. til 11. august 2010

Norsk fysikklærerforening (NFL) arrangerer landskonferanse på Pers hotell på Gol 8. til 11. august i år. Vi legger opp til et program som skal være lærerikt, glederikt og nyttig for fysikklærere på alle trinn. Tradisjonen tro legger vi stor vekt på sosiale begivenheter.

Målet for konferansen er:

- faglig oppdatering
- utveksle erfaringer og metoder
- styrke undervisningen i fysikk
- styrke fysikkens plass i utdanningssystemet
- drøfte fysikkens innhold og form
- drøfte rekrutteringsproblemet

Sentrale tema vil være:

- formidling av klimautfordringen
- eksamen
- evaluering og digitale hjelpemiddel i Kunnskapsløftet
- TIMMS
- fysikk som kulturbærer
- generell relativitetsteori
- fysikkforsøk

Fra programmets temaer nevner vi:

- *Mørk energi.* Professor Øyvind Grønn, Høgskolen i Oslo
- *Fysikk og trafikk.* Professor Alex Hansen, NTNU
- *Hva er lys?* Førsteamanuensis Arnt Inge Vistnes, Universitetet i Oslo

- *Hva har vi lært av Polaråret?* Direktør Olav Orheim, Norsk polarinstitutt
- *FNs klimapanel.* Forskningsdirektør Knut Alfsen, Cicero ved UiO
- *Hva er sikker – og usikker – viten i klimadebatten? Hva skal læreren svare?* Direktør Pål Prestrud, Cicero ved UiO
- *Hvordan kan sola forklare klimavariasjonene?* Seniorrådgiver Pål Brekke, Norsk Romsenter
- *Hva skjer med isen i Antarktis, Arktis og Himalaya?* Direktør Ola Johannesen, Nansensenteret
- *Fysikk som kulturbærer. Hva bør alle vite om fysikk?* Professor Gaute Einevoll, Universitetet for miljø- og biovitenskap
- *Siste nytt fra Cern.* Forsker Bjørn Samseth, Universitetet i Oslo

På hjemmesiden til NFL, www.fysikklarerer.no, kan dere lese hele programmet.

Sosiale arrangement

Den sosiale siden av konferansen er viktig. Som alltid vil det bli arrangert "blåtur". Det blir festmiddag. Ved lunsjtider blir det avsatt to timer hver dag slik at de som vil kan ta seg en tur i fjellet, benytte svømmebassenget eller hygge seg på annet vis.

Påmelding

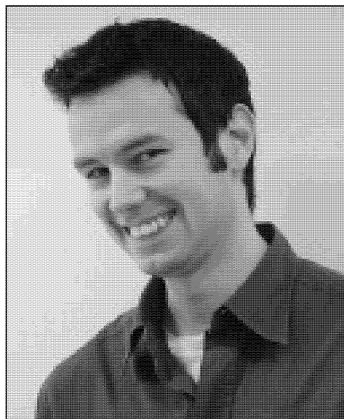
Du melder deg på til konferansen ved å gå inn på hjemmesiden til NFL www.fysikklarerer.no Frist for påmelding er 2. mai.

På vegne av arrangementskomiteen
Morten Trudeng
leder av NFL

∞

Nye Doktorer

Sebastian R. Bablok



Sebastian R. Bablok disputerte 13. februar 2009 for PhD-graden ved Universitetet i Bergen med avhandlingen *Heterogeneous Distributed Calibration Framework for the High Level Trigger in ALICE*.

CERNs Large Hadron Collider (LHC) akselerer protoner eller tunge ioner til hastigheter tett opp mot lysfarten. ALICE er et av fire eksperimenter ved LHC hvor partikler skal kollideres for å studere egenskapene til materien som blir produsert i kollisjoner mellom tunge ioner. ALICE vil samle en enorm mengde data før analysering og filtrering. High Level Trigger (HLT) vil gjøre en første analyse av dataene fra delsystemene i ALICE online.

Avhandlingen er tverrfaglig mellom fysikk og informatikk. Den beskriver grensesnittet og komponentene som er utviklet for kontakt med de andre ALICE-delsystemene. Derfor er databaser og servere brukt for å utveksle konstruksjons- og operasjonsparametre av de forskjellige detektorene i ALICE. I tillegg trenger HLT å synkroniseres med de andre delsystemene. Resultatet av dette må bli distribuert til de ulike leddene i analysen. Analysekomponenter i HLT skal kunne bli kjørt uavhengig av om de blir brukt ved online- eller offline-analyse. Det har vært viktig å få de forskjellige teknikkene som er brukt i ALICE sine delsystemer til å jobbe sammen. Valget av design-kriterier for utvikling av rammeverket er effektivitet, stabilitet og sikkerhet.

Prosjektet var finansiert av Forskningsrådet og ble utført ved Institutt for fysikk og teknologi, UiB, med professor Dieter Röhrich som veileder. Bablok arbeider nå ved Haukeland sykehus.

Amund Brautaset



M.Sc. Amund Brautaset disputerte 18. des. 2009 for PhD-graden ved UiB med avhandlingen *In situ fluid dynamics and CO₂ injection in porous rocks*.

Injeksjon av CO₂ i oljereservoarer er blitt aktuelt i forbindelse med CO₂-lagring og økt oljeutvinning. CO₂ som injeksjonsgass har unike egenskaper som gjør det mulig å øke oljeutvinningen betydelig. Doktoravhandlingen presenterer de første resultater som er oppnådd i laboratoriet med høyoppløsende 3-dimensjonal avbildning under injeksjon av superkritisk CO₂. Utvinningseffektiviteten ble i enkelte tilfeller beregnet til over 95 %. Oljeutvinning og væskestrøm i reservoarene er styrt av bergarts- og fluidparametre som fuktpreferanse, kapillærtrykk og relativ permeabilitet. Oljeselskapene legger betydelige ressurser i å bestemme disse egenskapene for å kunne øke oljeproduksjonen.

Doktorarbeidet omhandler forbedring av målemetoder for fuktpreferanse, kapillærtrykk og relativ permeabilitet under oljeproduksjon ved hjelp av høyoppløsende 3-dimensjonal MRI og trykkporter plassert inne i kjernematerialet. Sprekker og bergartsvariasjoner har stor innvirkning på utvinningen av olje og gass. Brautaset har vist at betydelig restolje kan produseres ved å etablere kapillærkontakt over sprekker. Han har også vist at det er mulig å etablere kommunikasjon over sprekker ved å injisere mikropartikler og dermed øke oljeutvinningen. Dette har bidratt til å øke forståelsen av strømninger i porøse media for økt oljeutvinning.

Arbeidet er finansiert av Forskningsrådet, og professor Arne Graue har vært veileder.

∞

Lucio Calise



Msc Lucio Calise forsvarte sin avhandling *Multifrequency acoustic target strength of Northern krill* for PhD-graden ved UiB, 30. mars 2009.

Krill danner basis i næringskjeden i polare farvann og er hovedføde for hval, fisk, blekksprut, sel og fugl. Utvikling av hjelpemidler og teknikker for å bestemme mengde og størrelsesfordeling av krillforekomstene er viktig for å forstå de økologiske prosessene og overvåke ressursene. Vitenskapelig ekkolodd utgjør det viktigste hjelpemiddelet, og de akustiske egenskapene til krill ved ulike frekvenser er nøkkelegenskaper i denne metoden. Den akustiske responsen til krill er sterkt avhengig av formen og oppførselen til de enkelte individer.

Avhandlingen gir et bidrag til vitenskapelige metoder for akustisk fjernmåling av krillmassen. Både modellstudier og målinger av ekkostyrke som funksjon av frekvens hos arten "Northern krill" ble utført. De biologiske parametrene og elementer som kontrollerer ekkostyrken til levende organismer er studert, og potensielle kilder til målefeil er diskutert. Metoder for å redusere målefeil er foreslått. Resultatene er sammenlignet med de mest oppdaterte simuleringsmodellene for krill. Til slutt ble et eksempel på et flerfrekvens toktresultat gjennomgått. Det munner ut i en detaljert metodisk prosedyre for å oppnå mer nøyaktige målinger av fordelingen og bestanden av krill.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk og teknologi, UiB, og ved Havforskningsinstituttet (HI). Professor Halvor Hobæk var hovedveileder, og seniorforsker John Dalen (HI) biveileder.

∞

Geir Ersland



Cand.scient. Geir Ersland disputerte 17. okt. 2009 for PhD-graden ved Universitetet i Bergen med avhandlinga *Studies of flow mechanisms and hydrate phase transitions in fractured rocks*.

Kjennskap til korleis gass og væsker strøymar i porøse bergartar er avgjerande for å kunne utnytte petroleumsreservar best mogeleg, og for lagring av CO₂. Porennettverket sin natur og samspelet mellom viskøse og kapillære krefter samt gravitasjon, er styrande for strøymingar i slike system. Attpåtil er reservoarbergartar ofte oppsprukne.

Fyrste delen av doktorarbeidet er ein eksperimentell studie som omhandlar oljeutvinning i slike oppsprukne system med forklaring på korleis utvinningsmekanismar forandrar seg med mineraloverflata sin væskepreferanse (væting). I andre delen er det nytta modellar for oppsprukne reservoar av porøs sandstein til å studere produksjon av naturgass frå gasshydrat ved injeksjon av CO₂. Gasshydrat er ein naturgass, hovudsakleg metan, som er fanga i holrom av hydrogenbunde vatn som berre er stabilt ved høgt trykk og låge temperaturar, som under store havdjup. Gasshydrat er ein ressurs som er estimert til å bere meir energi enn vanleg gass, olje og kol til saman.

Resultata viser at CO₂ byter plass med naturgassen ved eksponering mot hydratet i poresystemet, og at overgangen skjer spontant. Dette vert forklart med at CO₂ stabiliserar hydratet betre enn naturgassen, og blir underbygd av simuleringar. Metoden skisserar ein idé til å utvinne naturgass frå hydrat samstundes som ein lagrar CO₂.

Arbeidet er finansiert av Forskningsrådet og ConocoPhillips. Professorane Arne Graue og Bjørn Kvamme har vore rettleiarar.

∞

June Lunde



Siv.ing. June Lunde forsvarte 26. nov. 2009 sin avhandling *Particle Precipitation: Effects on Selected Ionospheric Phenomena* for graden PhD ved Universitetet i Tromsø.

Hvordan energien fra partikkelnedbøren fra solen avsettes og omfordes i vår polare øvre atmosfære er av stor interesse for forståelsen av klima og atmosfærens dynamikk. I tillegg vil nordlys og kraftige ione-lydbølger kunne forårsake problemer for navigasjon og kommunikasjon i polarområdene.

Doktorarbeidet har bestått i å studere nedbøren av partikler fra solen i jordens polare atmosfære og deres innvirkning på ionosfæriske fenomener. Til dette studiet er hovedsakelig data fra EISCAT-radaren på Svalbard blitt benyttet, samt et utvalg av fotometre, riometre og magnetometre. I tillegg har Lunde benyttet seg av partikkelinstrumenter på en satellitt, samt et røntgenstråleinstrument på en ballong som ble sluppet opp fra Svalbard. I løpet av prosjektet ble ione-lydbølger oppdaget på nattetid på svært høye breddegrader hvor de ikke var forventet å opptre. Tidligere rapporter refererer kun til observasjoner av fenomenet på dagtid. Videre er den infrarøde linjen i nordlyset OI (844,6 nm) introdusert som en mulig indikator for ione-lydbølger. Partikkelnedbøren vil av og til kunne forårsake blafrende nordlys (5-15 Hz) hvorav dens intensitet, bevegelsesmønster og tidsskala ble studert.

Doktorarbeidet ble utført ved Institutt for fysikk og teknologi, UiT, med professorene Unni Pia Løvhaug (UiT) og Dag Arne Lorentzen (UNIS) som veiledere. June Lunde jobber nå ved Andøya Rakettskytefelt.

∞

Rachid Maad



Rachid Maad forsvarte 17. des. 2009 sin avhandling *Design Optimization of High Speed Gamma-Ray Tomography* for PhD-graden ved UiB.

Produksjon av olje og gass fra undervannsinstallasjoner stiller store krav til strømningsmåling. En utfordring er å måle hvor mye olje, gass og vann som blir produsert fra hver brønn. Til dette brukes flerfase-målere som bestemmer strømningshastighetene til hver av de tre komponentene direkte. Nøyaktigheten til disse målingene er avhengig av hvordan gassen er fordelt i røret. For å få svar på dette har UiB utviklet en høyhastighets-tomograf basert på gammastråling. Denne er i stand til å produsere mange hundre bilder i sekundet. Dette er et viktig referanseinstrument for utvikling av bedre flerfase-strømningsmålere.

Maad har forsket på optimal konstruksjon med hensyn på kontrast, romlig oppløsning og responstid med hovedfokus på algoritmer som rekonstruerer data hurtig og med størst mulig nøyaktighet. Den høye avbildningshastigheten oppnås ved å bruke flere punktkilder i stedet for én roterende slik som i medisinsk røntgentomografi. Flere kilder genererer imidlertid mer spredt stråling, og Maad har utviklet algoritmer som kompenserer for dette. En viktig del av arbeidet har vært eksperimenter ved UiB og ved Chr. Michelsen Research. Resultatet har vært en betydelig forbedring av denne avbildningsmetoden som nå også blir tatt i bruk verden over.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk og teknologi, UiB, med professor Geir Anton Johansen som veileder. Rachid Maad er nå ansatt som overingeniør ved samme institutt.

∞

Raymond Nepstad



Raymond Nepstad disputerte 26. juni 2009 for PhD-graden ved UiB med avhandlingen *Numerical studies of dynamics in few-electron quantum systems*.

Ved moderne nanoteknologi kan en produsere svært små halvlederstrukturer, som f.eks. data-maskinprosessorer med utstrekning på noen titalls nanometer, og to-dimensjonale versjoner av kunstige atomer (eng: quantum dots) med en utstrekning på omkring 10 nm. Elektronene i kunstige atomer holdes på plass av det omsluttende halvledermaterialet. Man kan også sette sammen kunstige atomer til kunstige molekyler. Disse kunstige variantene av atomer og molekyler er kvantesystemer hvor kvantemekanikk må benyttes for å forstå de fenomenene som observeres. Modeller av elektronene i kunstige molekyler kan studeres med data-maskinsimuleringer, og deres utvikling over tid kan slik bestemmes.

I Nepstads doktorarbeid er kunstige molekyler med to sentre og to elektroner studert, og numeriske verktøy for simulering og analyse er utviklet. Med disse er det demonstrert hvordan elektromagnetiske felter som varierer i tid kan brukes til å kontrollere og stabilisere elektronene over relativt lang tid. En annen del av arbeidet omhandler simuleringer av vekselvirkningen mellom sterke laserfelter og edelgassatomer. Slike simuleringer kan være kompliserte og krever svært mye regnekraft som bare kan leveres av superdatamaskiner.

Arbeidet ble finansiert av Forskningsrådet, og professorene Jan Petter Hansen og Tor Sørøvik var veiledere. Nepstad er nå postdoktor ved UiB.

∞

Trim i FFV

Løsning på FFVT 4/09

Bord på ujevnt gulv

Spørsmålet var om det alltid er mulig å plassere et bord med fire like lange ben på et ujevnt gulv slik at bordet står stødt. Dette er mulig basert på følgende resonnement.

Bordet plasseres på et vilkårlig sted. Bordbena benevnes A , B , C og D . Tre ben vil alltid kunne stå på gulvet, og plasseringen i starten er slik at D ikke rekker ned til gulvet. Bordet kan nå roteres slik at D rekker ned, mens C ikke gjør det. Siden tre ben hele tiden må ha vært i kontakt med gulvet, må D ha berørt gulvet før C forlot gulvet. Under rotasjonen må det altså finnes en posisjon hvor alle fire bena rekker ned.

Det er altså ikke nødvendig å legge noe under bena på vippende firbente bord og krakker med like lange ben for å få dem til å stå støtt på et ujevnt gulv, hvis de kan roteres fritt på gulvet.

FFVT 1/10

Risting av brød

En egen disiplin av kombinatorikken dreier seg om å minimalisere tiden som trengs for at et produkt skal kunne ferdigstilles.

Et eksempel kan være å steke tre hamburgere fortest mulig i en stekepanne som bare har plass til to. Hvis hver side av burgerne trenger to minutters steking, vil burger A og B kunne stekes samtidig på fire minutter. Deretter kan burger C stekes alene. Det tar til sammen åtte minutter.

Men denne tiden kan minkes ved først å steke A og B på en side i to minutter. Deretter fjernes B fra pannen og C legges oppi samtidig som A snus. Etter ytterligere to minutter er A ferdig og fjernes. C snus, og B stekes på den andre siden sammen med C i to minutter. Altså seks minutter til sammen.

Vår oppgave nå dreier seg om å bruke en "gammel-dags" brødrister til å riste tre brødsiver som også skal være påsmurt smør for å være ferdige.

Brødristeren kan riste én side på to brødsiver samtidig. Hver skive må legges inn og tas ut manuelt. Det er også mulig å snu en skive uten å ta den ut. Innlegging, uttagning eller snuing utføres uten å affisere den andre skiven som kanskje er un-

der risting. En delvis ristet skive kan tas ut og puttes inn i risteren igjen senere. Operatøren må smøre på skivenes ene side. Han kan bare smøre en side som allerede er ristet ferdig og er utenfor risteren, men det er ikke nødvendig at begge sidene er ristet før en skive smøres. Alle gjøremål må skje med bruk av begge hender, så bare en skive kan legges inn, tas ut, snus eller smøres ad gangen.

Tider som må overholdes er:

- Risting av en side tar 30 s (og kan deles opp).
- Smøring av en skive tar 12 s (og kan deles opp).
- Innlegging, uttagning eller snuing tar 3 s hver.

Det er ingen stor utfordring å klare oppgaven på 120 s. Men det er mulig å fullføre prosessen på bare 114 s. Klarer leseren å finne en prosedyre som bare trenger 114 s på oppgaven?

∞

Retting

Kvinneandelen i fysikk ved universitetene

I vår artikkel "Kvinneandelen i fysikk ved universitetene og i høyere utdanning" som stod i FFV nr 4/09, har vi gjort en beklagelig feil i summeringen av antall fysikere for året 2005. Det totale antall fysikere ved de fire universitetene som tildeler høyere grad i fysikk var 143,5 dette året. Det betyr altså en jevn nedgang av antall fysikere ved disse universitetene fra 160 i 2002 til 141 i 2008. Riktig tabell er:

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

År	Tilsatte	UiO	UiB	NTNU	UiT	Sum
2002	Kvinner	3	1	4	2	10
	Totalt	68	30	47	15	160
2005	Kvinner	6	2	5	3	16
	Derav prof.	3		4	2	9
	Totalt	58	32	38,5	15	143,5
2008	Kvinner	6	5	7	3	21
	Derav prof.	3	1	5	3	12
	Totalt	51	36	38	16	141

Åshild Fredriksen og Anne Borg

∞

Nytt fra NFS

Nye medlemmer 3. februar 2010

Bjørkli, Jane Kristin; Fosen vgs., Alf Nebbs gate 14, 7160 Bjugn

Dokka, Inga Hanne; Kongsberg vgs., Pb 424, 3604 Kongsberg

Eilertsen, Morten; Ringe vgs., Sjømannsveien 19, 7040 Trondheim

Enger, Arne; Solør vgs., Pb 24, 2271 Flisa

Engåvoll, Thomas Lervik; Røros vgs., Pb 301, 7361 Røros

Gade, Fredrik G.A.; Sandvika vgs., Elias Smiths vei 15, 1337 Sandvika

Grønvold, Robert; Solør vgs., Pb 24, 2270 Flisa

Høien, Torun Marie; Asker vgs., Fredtunveien, 1380 Asker

Janssen, Eiliv; Stavanger Katedralskole, Pb 39 Sentrum, 4001 Stavanger

Leiren, Børge; Heimdal vgs., Saupstad, 7478 Trondheim

Melvold, Hilde; Trondheim Katedralskole, Munkegata 8, 7013 Trondheim

Nilsen, Trude; Voksenkollveien 118 A, 0790 Oslo

Norland, Janicke Dahl; Elvebakken vgs., Vestre Elvebakke 3, 0182 Oslo

Opsal, Arild Lillebø; Firda vgs., Firdavegen 21, 6823 Sandane

Pettersen, Terje Engeset; Haram vgs., Skuleråsa 10, 6270 Brattvåg

Rascher, Hannelore; ITV, Sjøvegan vgs., 9350 Sjøvegan

Raugstad, Espen; Fjellstedveien 19, 4370 Egersund

Råmunddal, Natasha; Nesbru vgs., Halvard Torgersensvei 8, 1396 Billingstad

Sandstad, Marit; Institutt for teoretisk astrofysikk, Sem Sælandsvei 13, Pb 1029 Blindern, 0315 Oslo

Søby, Magne Inderberg; Stovner vgs., Karl Fossumsvei 25, 0984 Oslo

Tjensvoll, Eivind; Ullern vgs., Ullernchausseen 56, 0379 Oslo

Wennberg, Dag; Gauldal vgs., Rørosveien 2, 7290 Støren

Øren, Frode; Byåsen vgs., 7484 Trondheim

Aas, Lars Martin Sandvik; Institutt for fysikk, Realfagbygget, 7491 Trondheim

∞

Retningslinjer for forfattere

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

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

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

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

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

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

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

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:

Professor Per Osland

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

Visepresident:

Professor Åshild Fredriksen

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

Styremedlemmer:

Professor Jon Otto Fossum

Institutt for fysikk, NTNU

Professor Håvard Helstrup

Høgskolen i Bergen

Professor Ola Hunderi

Institutt for fysikk, NTNU

Postdoktor Eirik Malinen

Radiumhospitalet, Oslo

Førsteaman. Kjartan Olafsson

Inst. for fysikk og teknologi, UiB

Professor Jon Samseth

Høgskolen i Akershus, Lillestrøm

Lektor Morten Trudeng

Asker videregående skole

Selskapets sekretær:

Cand.scient. Øyvind Svensen

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

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

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

Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Professor Øyvind Grøn

Høgskolen i Oslo og Fysisk inst. UiO

Stipendiat Marit Sandstad

Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO

Redaksjonssekretær:

Karl Måseide

Fysisk institutt, UiO

Redaksjonskomité:

Professor Odd-Erik Garcia

Institutt for fysikk, UiT

Professor Per Chr. Hemmer

Institutt for fysikk, NTNU

Førstelektor Ellen K. Henriksen,

Fysisk institutt, UiO

Professor Bjarne Stugu

Inst. for fysikk og teknologi, UiB

Ekspedisjonens adresse:

Fra Fysikkens Verden

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

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

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

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

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

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

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