Fra Fysikkens Verden

Nr. 4 – 2003
65. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

E.V. Thrane og U.-P. Hoppe:
ALOMAR – Atmosfæreforskning ved Andøya Rakettskytefelt . . 89
Ø. Guttersrud og C. Angell:
Fysikkolympiadens finale-deltakere 95
Per Chr. Hemmer:
Lars Onsager – 100 år 99
Thormod Henriksen:
Nobelprisen i medisin 2003 . . . 102
Fra Redaktørene 86
FFV Gratulerer 86
Otto Øgrim
Johan Moan
Gunnar Arisholm
Bjørn Bjørneng
Fysikknytt 105
Trykkbølger og svarte hull
Bokomtaler 106
Nye Doktorer 109
Ph.D. Eivind Almaas
Dr.ing. Dag W. Breiby
Dr.scient. Jon Eriksen
Dr.scient. Marianne Koritzinsky
Dr.scient. Jan Petter Mæhlen
Dr.scient. Kari Schjølberg-Henriksen
Dr.ing. Hans Magne Ådland
Nytt fra NFS 112
Biofysikkmøtet 2004
Fysikermøtet 2003
Nye medlemer
Trim i FFV 115

ALOMAR
Lidar-observatoriet på Andøya
(Se artikkel)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

I vår ungdom var Parkinsons lov populær lesing for oss studenter som, kanskje med en liten overdose arroganse, hadde liten respekt for byråkratiske regler og systemer. Den første publiserte versjonen av Cyril Northcotes "Parkinsons lov", kom i *London Economist* i 1955. Boka, som også ble oversatt til norsk, kom to år etter med tittelen "Parkinson's law or the Pursuit of Progress".

Etter hvert så det ut til at boka skulle miste sin aktualitet, kanskje på grunn av skifte i politisk strømretning? Eller kanskje var det på grunn av forfatterens kulturelle fotfeste i Det britiske imperiet – i dag ville nok de to siste kapitlene blitt stemplet som ganske rasistiske. Men det hindrer ikke at Parkinson, med sin humoristiske og treffende stil, beskrev utviklingen av byråkrati på en måte som få kan lese uten at latteren flere ganger tar overhånd.

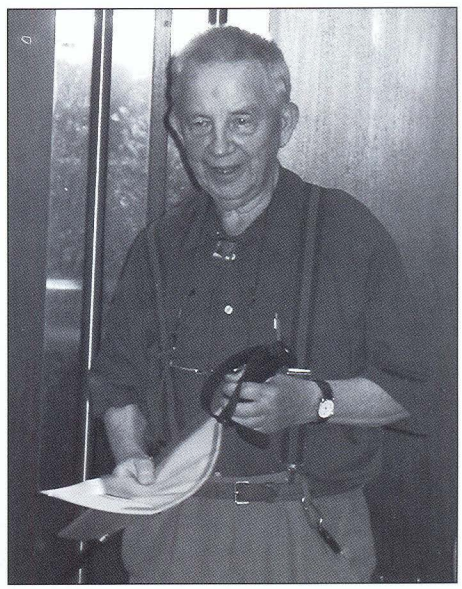
Takket være Internet, fant vi nylig boka i engelsk versjon i et antikvariat i Drammen, og vi hadde store aha-opplevelser. Og det er ikke bare hans dagsaktuelle latterliggjøring av uinnsiktsfull styringskåthet, politisk markeringskåthet, kostbare kunstutsmykkede kontorer, store og viktige møter, inflasjon i direktørskiktet og byråkratiets lovmessige iboende vekst, som er poenget. Det er heller ikke hans observasjon av at "arbeidsoppgaver utvider seg slik at de alltid fyller den tilgjengelige tid", eller at "institusjoner vokser inntil de lever sitt eget isolerte liv, selvforsynt med problemer".

Med sine eksempler får Parkinson oss egentlig til å le av maktmenneskets natur og utfoldelse – en utfoldelse der vi kan ane det totale kaos (dvs. høy entropi) som den asymptotiske sluttilstanden. Samtidig blir hans anliggende farlig for oss alle, fordi det sier noe om vår egentlige natur og antyder – på en humoristisk måte – de fatale konsekvensene av den. Så, hvis du vil ha en god latter i juleferien og dersom du tåler å le litt av deg selv i tillegg, kan boka anbefales på det varmeste. Og dertil, det er heller ikke vanskelig å finne paralleller til ett av Parkinsons mange eksempler: Den britiske flåte reduserte antall sjøgående skip mellom 1914 og 1928 med 68 %, samtidig som staben i admiralitetet økte med 78 %. Det lyder som en kjent situasjon.

∞

FFV Gratulerer

Otto Øgrim æresmedlem i NFS



1. oktober i år fylte Otto Øgrim 90 år, og Norsk Fysisk Selskap benyttet denne anledningen til å utnevne jubilanten til æresmedlem. Et fullsatt og entusiastisk auditorium på årsmøtet ga ham stående applaus ved utnevningen. Der var mange fysikere til stede som hadde et helt spesielt forhold til nettopp Otto Øgrim. Betydningen av hans lærebøker, populære bøker, radio og TV-program, og ikke minst hans undervisning, kan neppe overvurderes. Det er ikke urimelig å anta at Øgrim er den person som har inspirert flest unge mennesker til å interessere seg for fysikk i Norge.

Med sine programmer i radio og TV sammen med Helmuth Ormestad, og senere Svenn Lilledal Andersen, har han nådd et stort publikum. "Fysikk på roterommet" i NRK, hadde stor seeroppslutning, og ingen utenfor NRK skjønte hvorfor det ble bestemt at serien skulle avsluttes. De første radioprogrammene sammen med Helmuth Ormestad, kom allerede i 1950-årene. Boka "Pølser, fysikk og potetsalat", var basert på disse programmene. Denne boka er fornøyelig lesning. Den har en lett og underholdende form som nådde lesere langt ut over fysikkmiljøet. En slik form var den gang noe nytt, og det var nok noen av den gamle skolen med dress og halsflue, som rynket en smule på nesen. Samtidig var Øgrim medarbeider i "Arbeidernes leksikon" og andre oppslagsverk. Og med

lang farts tid i standardiseringsarbeid kombinert, var hans faglige ståsted og nøyaktighet udiskutabel. For en kollega som den dag i dag møter Otto Øgrim ved tidlig morgenkaffe i Blindernkjeller'n, er han en unik kunnskapskilde.

Læreboka "Rom Stoff Tid" for den videregående skole, var på mange måter et pionerarbeid som satte en standard for fysikkfaget. I tillegg til flere revisjoner av denne boka, har Øgrim utgitt bøker for lærere både i førskole, grunnskole og videregående skole. Boka "Fysikkforsøk" kan nesten omtales som fysikklærernes "Bibel". I tillegg har han gitt ut bøker for fysikkstudenter i høyere utdanning.

Øgrim var en av initiativtakerne til Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, i 1971. Dette har vært en stor suksess, og tiltaket har vært svært kjærkomment for skoleverket. Skolelaboratorier er nå etablert ved flere institutter i Oslo og ved alle universitetene i Norge.

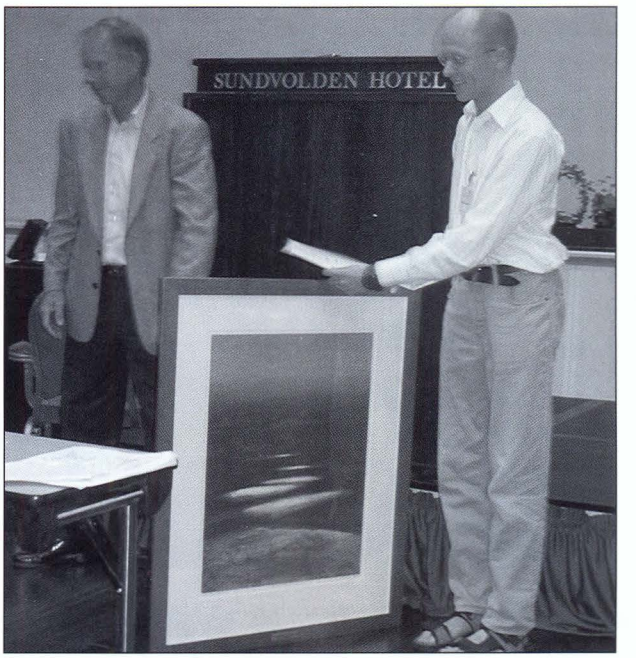
Helt fra starten av Teknoteket ved Teknisk Museum i Oslo, har Øgrim vært en viktig støttespiller. Her har han bidratt med ideer og vært med på utvikling av interaktive utstillingsobjekter.

Ulikt en del av sine jevnaldrende, har Øgrim raskt satt seg inn i, og tatt i bruk, ny informasjonsteknologi. Han har utviklet en rekke instruktive video-"snutter" med veiledningshefter som gir lærere gode råd og vink til gjennomføring av forsøk, hvorav noen også er blitt gjengitt her i FFV. Mange av forsøkene har han også gjort tilgjengelige på CD-rom og på Internett. Og på jubilantens 90-årsdag forelå også boka "Triks på roterommet", skrevet sammen med Svenn Lilledal Andersen. Her finner vi igjen "snuttene" – enkle og illustrerende forsøk som kan gjøres av alle med de hjelpemidler som finnes i de tusen hjem.

For sin unike innsats i fysikkformidlingens tjeneste, har Otto Øgrim tidligere mottatt Cappelenprisen og Forskningsrådets formidlings- /populariseringspris sammen med Helmuth Ormestad, på forskningsrådets 50-årsjubileum. Øgrims evne til å kombinere faglig stringens og pedagogisk lekende teft er et forbilde for alle som strever med å formidle et vanskelig, men fascinerende fag. *Vi gratulerer!*

∞

Simradprisen til Gunnar Arisholm



Gunnar Arisholm (tv) mottar prisen fra adm.dir. Tore Amundsen.

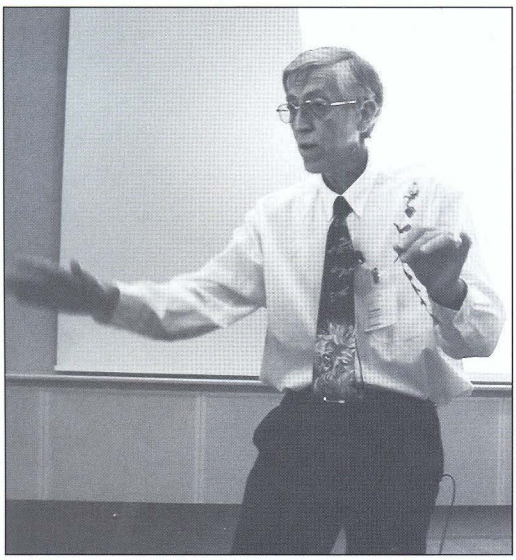
Simrad Optronics fagpris i elektrooptikk for 2003 ble på fysikermøtet tildelt dr.scient. Gunnar Arisholm. Arisholm er forsker ved Forsvarets forskningsinstitutt og fikk prisen for sin forskning på metoder til å fremstille lys av nye bølgelengder fra laserlys.

Laserlys er nesten rent monokromatisk (ensfarget), og kan derfor fokuseres på mye mindre områder enn annet lys. Denne egenskapen gjør laserlys nyttig innen bl.a. materialbearbeiding, medisin, datalagring og til militære formål. Bruksområdet kan være begrenset av at de fleste lasere bare kan gi lys av en bestemt bølgelengde, og i noen bølgelengdeområder finnes det ikke brukbare lasere. Men optiske parametriske oscillatorer kan konvertere lyset fra en laser til andre bølgelengder. Dette er nyttig innen alt fra kirurgi til analyse av gasser i atmosfæren. I militær sammenheng kan det f.eks. gi mulighet til å utvikle øyesikre laseravstandsmålere og midler mot infrarødt styrte (varmesøkende) missiler som det er svært vanskelig å beskytte seg mot.

I begrunnelsen for pristildelingen til Gunnar Arisholm heter det bl.a. at han "har gitt vesentlige bidrag til utviklingen av praktisk nyttige lyskilder basert på optiske parametriske oscillatorer, spesielt gjennom utviklingen av en meget avansert simuleringsmodell. Samtidig har han hatt ideer til design som representerer vesentlige trinn i utviklingen av praktiske systemer."

∞

Birkelandprisen til Johan Moan



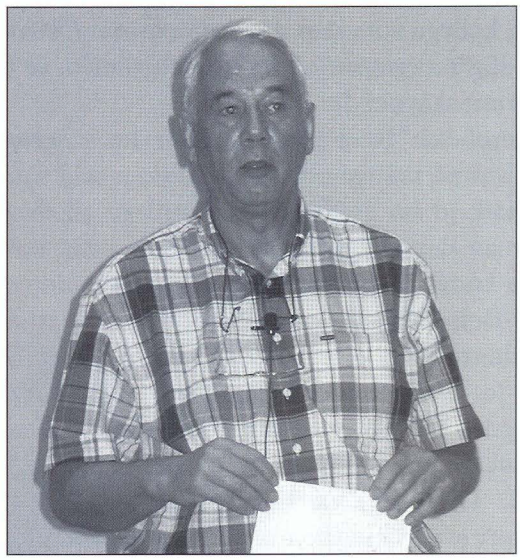
Norsk Hydros Birkelandpris ble tildelt professor Johan Moan, Det Norske Radiumhospital og Universitetet i Oslo. Denne prisen er den mest prestisjetunge innen norsk fysikk og deles ut hvert annet år.

Moan har vært en meget aktiv og kreativ forsker i en årrekke. Han har utført en rekke pionerstudier av lysets virkning på biologiske og fysiske systemer og er internasjonalt anerkjent som en av grunnleggerne av fotodynamisk kreftbehandling der man bruker en kombinasjon av kjemiske stoffer og lys. Det samme gjelder aksjonsspektroskopi for å finne viktige biologiske fargestoffer og kartlegge deres egenskaper. Resultatene han har oppnådd har fått betydelig internasjonal anerkjennelse, og han har mottatt flere priser og utmerkelser. Diagnostikk av kreft og andre sykdommer med lys, er et annet sentralt tema i Moans arbeider. Han har dessuten arbeidet mye med solstrålingens biologiske virkning (D-vitamin og hudkreft). Hans forskningsinteresser dekker fra strålingsbiofysikk, fotobiofysikk og DNA-skader til utvikling og studier av solkremer, samt studier av ozonlagets betydning for UV-strålingen.

Moan har vært redaktør av flere fagbøker i fotobiofysikk og har holdt en rekke populærvitenskapelige radioforedrag i tillegg til å være hovedforedragsholder på mange internasjonale kongresser. Han har også veiledet en betydelig del av hovedfags- og doktorgradstudentene i dette feltet i Norge. Miljøet ved fotobiofysikkgruppen ved Radiumhospitalet, som Moan har ledet, er i dag et av verdens ledende innen denne type forskning. Flere patenter er basert på gruppens forskningsresultater, og det norske selskapet PhotoCure er etablert på basis av noen av disse patentene.

∞

Undervisningsprisen til Bjørn Bjørneng



Norsk Fysisk Selskaps undervisningspris i fysikk for 2003 ble tildelt lektor Bjørn Bjørneng, Dokka vgs.

Bjørneng har gjennom mer enn 40 års aktiv innsats i undervisningsstilling bidradd til å styrke fysikkfaget i skolen ved arbeid av høy faglig kvalitet. Han har vært en inspirator som har fremmet fysikkfaget på alle nivåer i utdanningssystemet, fra barnehage til universitet. Ved utarbeiding og gjennomføring av mer enn 100 kurs nasjonalt og internasjonalt, har han bidratt til skolering av fysikklærere. Kursene og materiellet som han har utarbeidet, har høstet mange lovord.

Bjørneng har videre bidratt til å holde debatten om fysikkfaget levende. Gjennom artikler, hefter, bøker og fordrag, senest på årets fysikermøte, har han vært med på å sette fysikkfaget på dagsorden, så vel i den offentlige debatt som internt i fysikkmiljøet. I løpet av tiden som styreleder, bidro han sterkt til omgjøringen av Solobservatoriet på Harestua til et astronomisk skole- og kurssenter som har gitt inspirasjon til mange elever.

De senere år har Bjørneng vært med på å utvikle fysikkfaget spesielt gjennom arbeid med å ta kalkulatoren i bruk i faget. Han er i dag også med i en gruppe som lager alternativ eksamen i 3FY, en eksamen som har både en teoretisk og en praktisk komponent. I en tid da fysikken trenger oppmerksomhet, er det en glede å være vitne til en lærer som har klart å forene en aktiv produksjon med det å være en inspirator til egne elever.

Vi gratulerer alle prisvinnerne!

∞

ALOMAR – Atmosfæreforskning ved Andøya Rakettskytefelt

Eivind V. Thrane og Ulf-Peter Hoppe* **

ALOMAR (Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research) er et enestående observatorium for atmosfærestudier ved Andøya Rakettskytefelt (ARS). Det er bygget opp gjennom et internasjonalt samarbeid der ARS eier og driver bygningen, mens forskningsinstitusjoner i inn- og utland eier instrumentene. Det viktigste norske instrumentet er en ozonlidar. Tyske, amerikanske, franske, kanadiske, britiske og norske forskere er de viktigste brukerne. Brukerne betaler for driften av ALOMAR som også støttes av EU. Dette gjør det mulig for forskere fra EU å bruke observatoriet. I løpet av åtte års drift har ALOMAR gitt betydelige bidrag til vår kunnskap om atmosfæren i høydeområdet 10–110 km ved høye bredder. – I denne artikkelen skal vi presentere de største instrumentene på ALOMAR og fortelle om noen resultater av forskningen der. Vi har valgt ozon i stratosfæren, dynamiske prosesser i atmosfæren, lysende nattskyer og spesielle radarekko som eksempler.

Innledning

Den 18. august 1962 ble den første forskningsraketten skutt opp fra Andøya Rakettskytefelt. Bare fem år etter Sputnik representerte denne begivenheten et gjennombrudd i norsk romforskning – vi var i stand til å sende instrumenter opp i ionosfæren for å studere de fysiske prosessene som finner sted der.

Andøya ble valgt av to hovedgrunner: Den ligger midt i nordlyssonen (hvor nordlyset opptrer oftest om natta) og har et stort nedslagsfelt for rakettene i Norskehavet rett utenfor. Studier av nordlyset og nordlysionosfæren ble naturlig nok i starten sentrale i denne forskningen, men i de siste 30 år har også studier av den midlere atmosfære fra 10 til 100 km høyde, vært svært viktige.

I pionerfasen ga rakettene helt ny og verdifull informasjon om den øvre atmosfære. Støtteobservasjoner fra bakken var begrenset til enkle optiske og radiobølgemålinger. Etter hvert ble det imidlertid utviklet radar- og lidarmetoder som kunne overvåke ionosfæreplasmaet og luftens tilstand over et stort høydeområde. Et eksempel er EISCAT-radarene (European Incoherent Scatter Scientific Association) ved Tromsø og Longyearbyen, som kan måle ionosfærens tilstand fra 60 til 1500 km. En forsto at en kombinasjon av målinger fra bakken og detaljerte målinger med raketter i ionosfæren, kunne gi ny, unik informasjon om den øvre atmosfære. På denne bakgrunn ble det internasjonale observatoriet ALOMAR etablert på fjellet Ramnan like ved Andøya Rakettskytefelt, i 1994.[1–3] ALOMAR er nå fullt utbygd med et enestående sett moderne instrumenter, og viktige resultater er oppnådd i de åtte årene observatoriet har vært i drift.[4]

ALOMAR observerer forholdene i den midlere atmosfære som omfatter stratosfæren (10–50 km) med osonlaget, mesosfæren (50–90 km) og den lavere del av termosfæren (90–110 km). De to siste områdene faller sammen med den lavere del av ionosfæren der luften er et svakt ionisert plasma som absorberer og reflekterer radiobølger, og der nordlyset opptrer fra ca. 100 km og oppover.

Fysikk og instrumentering

La oss først se på hvilke verktøy som anvendes til atmosfærestudier ved ALOMAR. Som navnet antyder, er lidarteknikken sentral. En lidar (light detection and ranging) bruker lasere til å sende korte,

*Fysisk institutt, UiO, og Andøya Rakettskytefelt.

**Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller.

kraftige lyspulser opp i atmosfæren. Lyset spres tilbake, samles opp, detekteres og analyseres ved hjelp av store teleskop og følsomme detektorsystemer. Tiden fra en puls sendes ut til det spredte lyset når detektoren gir oss høyden der lyset er spredt, og styrken av det mottatte signalet gir informasjon om konsentrasjonen av de atomer, molekyler eller partikler som sprer lyset.

Det er fire viktige spredningsmekanismer i atmosfæren: Rayleighspredning fra alle luftmolekyler, miespredning fra støvpartikler (aerosoler) og dråper av vann eller is som er vesentlig større enn laserlysets bølgelengde, ramanspredning fra luftmolekyler og resonansspredning fra atomer. Instrumentene benytter alle disse mekanismene. For alle typer spredning observeres primært intensiteten av tilbakespredt lys som funksjon av høyden hvor lyset spres, og dette gir direkte tetthetsprofilen av de spredende molekylene eller partiklene. I tillegg kan man for enkelte systemer måle dopplerforskyvningen og dopplerforbredningen av det spredte signalet og avlede hastigheten av luften langs strålen, samt temperaturen av gassen. Rayleighspredningen gir oss den totale lufttettheten, og fra denne kan barometerligningen gi temperatur- og trykkprofiler. Høydevariasjonen av lufttettheten gir temperaturen. Dersom luften oppvarmes, vil den utvide seg og gi langsommere høydevariasjon av tettheten enn i kald luft. Temperaturavhengigheten er gitt av barometerligningen,

$$n(h) = n_0\, e^{-\frac{mg}{kT}h}$$

der n er molekyltettheten ved høyden h, n_0 er konsentrasjonen ved en referansehøyde $h = 0$, m er den midlere molekylmasse, g tyngdens akselerasjon og k boltzmannkonstanten.

En spesiell lidar måler rayleighspredning som funksjon av høyden ved å sende ut to ultraviolette spektrallinjer. Den ene linjen absorberes delvis av ozon, den andre ikke. Ved å sammenligne i detalj høydevariasjonen av det spredte lyset på disse to linjene, kan man utlede høydefordelingen av ozon.

Radarobservasjoner kan også gi viktig informasjon om forholdene i den midlere atmosfære, og har den fordel at slike målinger kan utføres også i skyet vær. ALOMAR omfatter tre slike radarsystemer som sender ut radiopulser på hhv. 1,98, 3,1 og 53 MHz. De to første måler spredning av radiobølger fra irregulariteter i elektrontettheten i den lavere ionosfære, mens den siste kan "se" fluktuasjoner i lufttettheten fra 8 til 50 km, og den kan se skyer i stratosfæren og mesosfæren. Ved forskjellige metoder kan radarene gi informasjon om vindhastighet, temperatur og turbulens i atmosfæren. Dette er viktig for å kartlegge værforholdene i de øvre luftlag slik at vi kan forstå energibalansen og kartlegge sirkulasjonen av luften.

ALOMAR har også en ionosfæreradar, en ionosonde, som ved hjelp av ekkomålinger i kortbølgebåndet (2–30 MHz) observerer elektrontettheten i ionosfærelagene. Slike målinger har også betydning for radiokommunikasjon og navigasjon. Vi kan også nevne at ALOMAR har en rekke "passive" instrumenter som måler forskjellige typer naturlig stråling (luftglød) fra atmosfæren over ALOMAR. Slik stråling gir informasjon om f.eks. temperatur, bølger og vind.

Instrumentene

- *Rayleigh/Mie/Raman (RMR) -lidarsystemet*
  Dette består av to lasere, to store teleskop med 1,8 m diameter og tilhørende detektorsystemer. Laserne opererer på en rekke bølgelengder. Kombinasjonen av høy utgangseffekt, store teleskop og meget følsomme detektorer, gjør det mulig å observere tetthet, temperatur, vind og aerosoler i høydeområdet 10–80 km. Teleskopene kan styres inntil 30° fra vertikalen.[5]

  RMR-lidaren eies og opereres av tyske, franske og britiske forskningsinstitusjoner.

- *Natrium-lidarsystemet (Na-Weber-lidar)*
  Dette systemet måler resonansspredning (589 nm) fra natriumatomer som finnes mellom ca. 80 og 115 km. Det gir tetthet av natrium samt temperatur og vind i dette høydeområdet der rayleighsystemet ikke har tilstrekkelig følsomhet.[6]

  Natriumlidaren eies og opereres av amerikanske forskere og Andøya Rakettskytefelt.

- *Ozonlidaren*
  Denne er en Differential Absorption Lidar (DIAL) som opererer i det ultrafiolette området på to linjer, 308 og 353 nm. Prinsippet er at den ene linjen, 353 nm, spres av luftmolekylene (rayleighspredning) uten å absorberes vesentlig i ozonlaget, mens lyset på 308 nm både spres og absorberes delvis. Ved å sammenligne de mottatte signaler på de to linjer, kan man utlede ozonkonsentrasjonen som funksjon av høyden fra ca. 8 til 50 km.

  Ozonlidaren er et norsk instrument som eies av FFI, NILU og ARS.

- *ALOMAR-ALWIN-radaren*
  Denne opererer på 53 MHz med et antennesystem som gjør det mulig å observere i åtte forskjellige retninger. Radaren kan gi informasjon om vind, turbulens og reflekterende lag i den midlere atmosfære.

  Denne radaren drives av tyske forskere.

- *MF-radarene*
  Disse opererer på 1,98 og 3,1 MHz og observerer vind, turbulens og impulstransport i mesosfæren og den lavere ionosfære. Observasjonshøydene er fra 60 til 100 km.

  Tyske, japanske og norske forskere er involvert i disse instrumentene.

I tillegg til disse hovedinstrumentene finnes der som nevnt, en rekke passive instrumenter som måler infrarød- og mikrobølgestråling fra lag i mesosfæren og den lavere termosfære.

Resultater

Ozonmålinger

Vi har ikke plass til detaljert beskrivelse av de mekanismer som skaper den markante reduksjon i ozoninnholdet over Antarktis som populært kalles ozonhullet. Kort fortalt skyldes ozonhullet over Antarktis om våren fotokjemiske reaksjoner som involverer KFK-gasser (fra spraybokser, kjøleskap og klimaanlegg), overflaten på sky-partikler (Polar Stratospheric Clouds, PSC), lave temperaturer og solens ultrafiolette stråling. Hvis utslippet av KFK-gasser fortsetter å avta helt til de blir borte, vil ozonhullet "lege seg" først 50 til 100 år senere. Dette tar så lang tid fordi vertikal transport i stratosfæren skjer med molekylær diffusjon som er en veldig langsom prosess.

Når det gjelder ozonhull, henger den nordlige polkalotten etter den sydlige med noen tiår pga. at tyngdebølger (se neste avsnitt) har et noe forskjellig spektrum i nord og i sør. Dette skyldes sannsynligvis at fordelingen av land, fjellkjeder og hav er forskjellig i Arktis og Antarktis, men det er ikke vitenskapelig bevist ennå. Tyngdebølgene i nord sørger for relativt hyppige stratosfæreoppvarminger, slik at nedbrytningskjemien ikke får utvikle seg.[7]

Ozonlidaren måler profiler av både ozon og Polar Stratospheric Clouds (PSC). I mørke må man samle inn lidar-fotoner nesten en time for å oppnå en ozonprofil fra ca. 8 til 50 km. Instrumentet fungerer også i fullt dagslys, men da må man samle inn data i fire timer eller mer, for å oppnå en tilsvarende profil fordi bakgrunnslyset fra himmelen forstyrrer så sterkt.

Ozonfordelingen er svært variabel. Ozontetthetен varierer naturlig med ca. 50 % i løpet av året og nesten like mye fra dag til dag. Derfor trenger man flere tiår med data for å finne ut om det er en nedgang eller ikke hvis dataene er samlet fra bare ett sted. I våre dager kobler man sammen ozondata fra flere lidarinstrumenter, ozonsonder i ballonger, passive bakkeinstrumenter og satellitter, for å studere transport og nedbryting av ozon.

Det har vært gjennomført flere kampanjer der man har fulgt "luftpakker" mens de driver horisontalt med vinden. Når en slik "luftpakke", som har vært studert i noen dager, nærmer seg en stasjon, f.eks. ALOMAR, får man et varsel om å måle dersom himmelen er skyfri. På denne måten har man klart å kartlegge utviklingen til en "luftpakke" over flere uker. Derfor vet vi nå at luften må være solbelyst, og at temperaturen må være lav nok til at PSC kan dannes, før det skjer en nedbrytning av ozon.

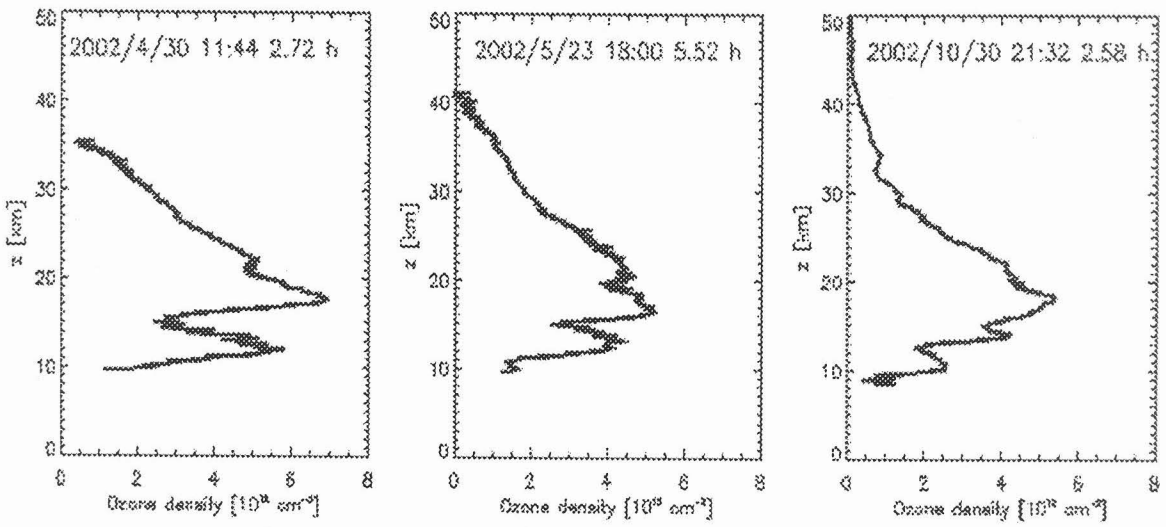
Man har også verifisert satellittmålinger med ozonlidaren på ALOMAR. Når ozonmålingene fra en satellitt i nærheten statistisk stemmer overens med ozonmålinger fra lidaren, er det sannsynlig at satellittmålingene er korrekte også andre steder.

Ozonlidaren på ALOMAR har overvåket ozonlaget i mer enn tre år, og har kartlagt variasjoner i ozonlaget over lange perioder. Figur 1 viser tre ozonprofiler målt ved ALOMAR. De første to er målt i fullt dagslys med solen over horisonten. Figuren viser også hvor variabel ozonprofilen er.

Temperatur-, tetthets- og vindmålinger

Et av hovedmålene for ALOMAR er studier av dynamiske prosesser i atmosfæren fra ca. 10 til litt over 100 km. Med dynamiske prosesser mener vi vind, bølger og forandringer av tetthets- og temperaturstruktur.

Atmosfæren er nesten som et hav av gass; og som på havet forekommer det bølger av ulikt slag også i atmosfæren. Bølgene i atmosfæren oppstår pga. oppdriftskraften og blir eksitert av værprosesser, f.eks. fronter (kaldfront, varmfront), uvær eller vind som blåser over en fjellkjede. Bølgene burde da hete "oppdriftsbølger", men kalles "tyngdebølger" (atmospheric gravity waves) fordi gravitasjonsleddet i ligningene er viktig. Etter navnet kan disse lett forveksles med "gravitasjons-

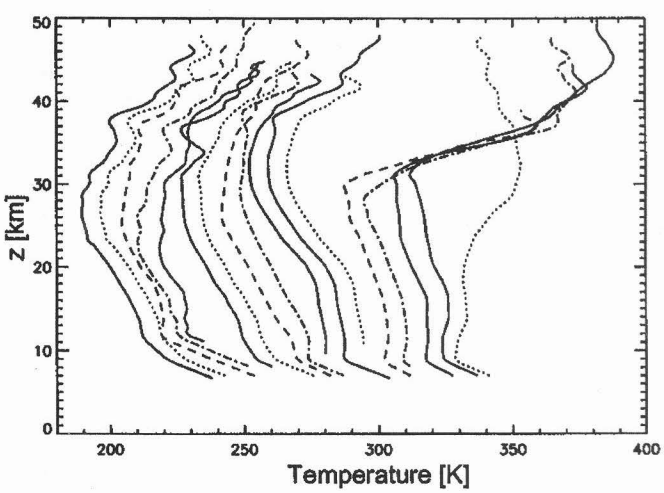


Figur 1. Ozonprofiler målt med ozonlidaren ved ALOMAR i 2002 (Georg Hansen, personlig kommunikasjon, 2003).

bølger" som hører hjemme i relativitetsteori og overfører tyngdekraften mellom masser. Vi kan observere tyngdebølger i vindprofiler, temperaturprofiler og tetthetsprofiler i atmosfæren. Vi kan også observere dem hvis vi måler vind, tetthet eller temperatur i én høyde over lang tid. Vi får ut mest informasjon om spekteret, forplantningshastighet og -retning, samt eventuell dempning, hvis vi klarer å måle profiler av temperatur, tetthet og vind over lang tid, og helst alle tre parametre samtidig. Dispersjonsligningen for slike bølger krever at vertikal fasehastighet og gruppehastighet har motsatt fortegn. Mens energien typisk forplanter seg oppover, vil fasehastigheten derfor oftest være rettet nedover.

Som andre bølger, transporterer tyngdebølger energi og impuls (driv = m·v). Når de brytes eller dempes, avsetter de sin energi og impuls i det lokale mediet og kan akselerere sirkulasjonen og eventuelt varme opp atmosfæren lokalt, ved turbulent dissipasjon. Vi vet f.eks. at atmosfæren i 80–90 km høyde ved høye bredder, er inntil 100 K *kaldere* om sommeren enn om vinteren, selv om den er solbelyst hele døgnet om sommeren og mørk hele døgnet om vinteren. Vi vet også at dette merkelige fenomenet skyldes at impulsoverføring fra tyngdebølger til bakgrunnssirkulasjonen fører til at luftmassene over polområdene beveger seg oppover om sommeren og nedover om vinteren med tilsvarende adiabatisk nedkjøling og oppvarming. Det vi ennå ikke forstår, og ønsker å studere nærmere, er de detaljerte prosessene som transporterer impuls og energi.

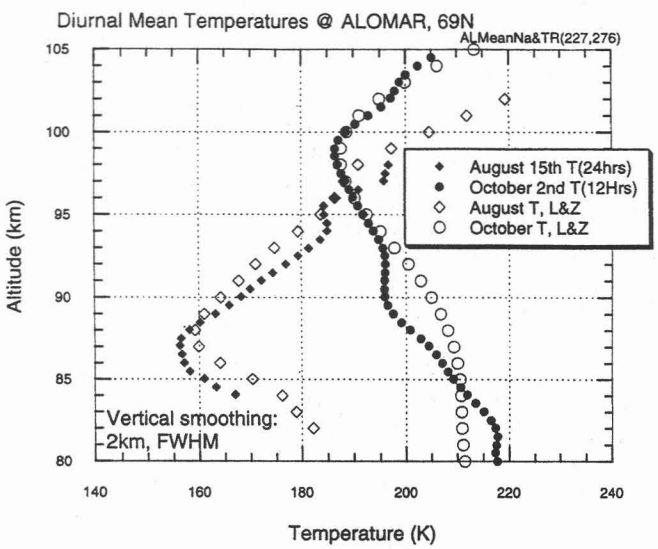
Rayleighspredningsmålinger gir informasjon om total lufttetthet som funksjon av høyden; og ved å bruke barometerligningen, kan man avlede temperaturprofilen. Slike målinger gir gode resultater i stratosfæren og den lavere del av mesosfæren. Figur 2 viser målinger utført under en "stratosfærisk oppvarming" som ofte skjer på senvinteren når den polare vintervirvelen brytes opp. De første 12 profilene er ganske like med et lite avvik, omtrent 10 K, i den femte profilen mellom 12 og 30 km. De siste fem profilene aviker sterkt fra de tidligere. Det har skjedd en oppvarming på nesten 70 K over 38 km. Det at profilene 2, 3, 4 og 5 sett fra høyre



Figur 2. En rekke av 17 temperaturprofiler målt med ALOMAR ozonlidar mellom 19. november og 20. desember 2000. For at like temperaturprofiler ikke skal bli tegnet oppå hverandre, har vi flyttet hver nye profil til høyre med 7 K. Når profilen lengst til høyre begynner ved 341 K nederst, betyr det da $(341 - 16 \cdot 7) = 229$ K, som er nokså nær lik starten av den første profilen (Georg Hansen, personlig kommunikasjon, 2001).

side ligger nesten oppå hverandre i høydeområdet 32–42 km, betyr at stratosfæreoppvarmingen går tilbake med omtrent 7 K per dag de siste fem dagene. Den aller siste profilen, 20. desember, lengst til høyre under 35 km, er typisk for stratosfæren etter en fullført stratosfæreoppvarming: Temperaturen forandrer seg lite med høyden.

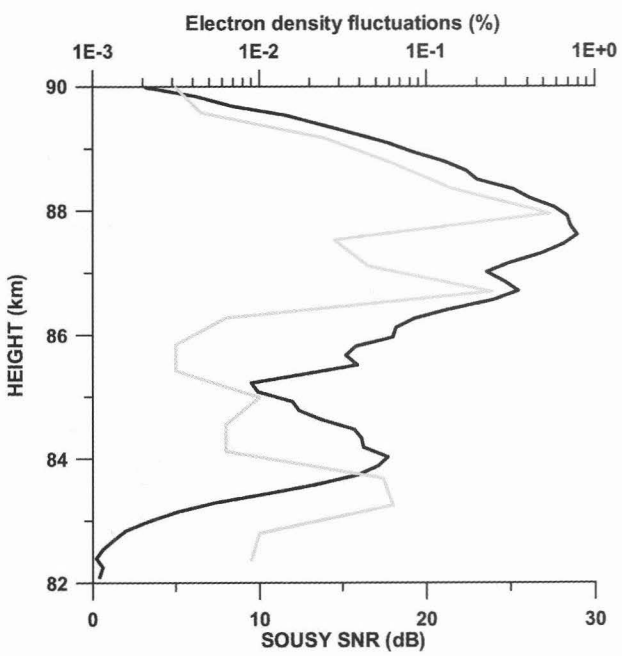
Na-Weber-lidaren måler resonansspredning fra natriumatomer som finnes fra ca. 80 til 115 km høyde. Det gule lyset som vi kjenner fra gatelamper, er en spektral dobbeltlinje. Lidaren måler intensitet, dopplerforbredning og dopplerforskyvning av disse linjene, og man kan utlede temperatur og vindhastighet fra slike målinger. Figur 3 viser døgnlige middeltemperaturer i høyder fra 80 til 105 km målt ved ALOMAR i august og oktober. Vi ser at det er betydelig kaldere i august enn i oktober i høydeområdet 80–95 km.



Figur 3. Temperaturprofiler målt med ALOMAR Weber-lidaren (Na-lidar) i den øvre mesosfæren i august og oktober.[6]

Lysende nattskyer og polare radarekko

Lysende nattskyer (Noctilucent Clouds, NLC) dannes i sommerhalvåret ved høye bredder i ca. 82 km høyde. I denne høyden nær mesopausen, er temperaturen helt nede i 140 K og lavere. Ved så lave temperaturer kan det dannes skyer selv om vanndampinnholdet bare er rundt 5 ppm. Disse skyene består i det vesentlige av ispartikler, antakelig med meteorittstøv som kondensasjonskjerner. De er typisk synlige fra 55 til 65° N mot en mørk nordhimmel. Nord for polarsirkelen er himmelen lys hele sommerdøgnet og NLC kan bare observeres ved hjelp av miespredning av lidarsignaler. Det interessante er at NLC er assosiert med sterke radarekko som opptrer over et større høydeområde. Radarekkkoene kalles Polar Mesospheric Summer Echoes (PMSE) og kan observeres i VHF-båndet (30–300 MHz). Samtidige målinger med ALOMARs lidar- og radarsystemer viser at PMSE og NLC ofte har en felles nedre grense. Fysikkens lover forteller oss at PMSE må skyldes skarpe gradienter eller irregulariteter i tettheten av frie elektroner, og at disse irregularitetene må være av størrelse som halve bølgelengden på radarsignalet, dvs. 3 m for en radar på 50 MHz. Ved å skyte raketter med følsomme instrumenter som kan måle små elektrontetthetsfluktuasjoner i PMSE-lagene, kan man påvise en nær sammenheng mellom intensiteten av disse fluktuasjonene og styrken av radarekkoene (se Figur 4).

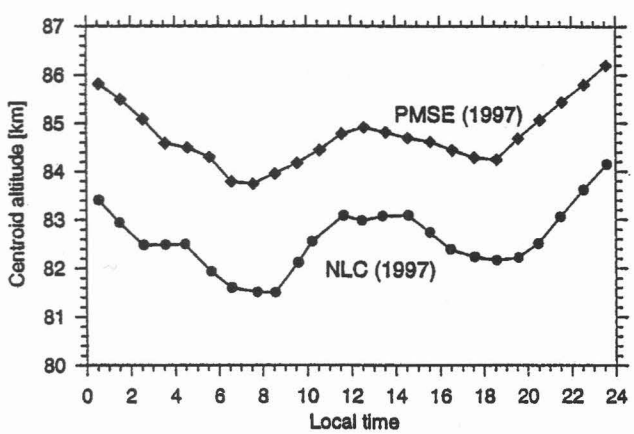


Figur 4. Målt VHF-radarekkostyrke i dB (heltrukken linje) fra ALOMAR-SOUSY-radaren og samtidige målinger av elektrontetthetsfluktuasjoner i prosent (stiplet linje) ved hjelp av en rakett.[8]

Modellberegninger som inkluderer diffusjon og fotokjemiske prosesser der skyene opptrer, viser at aerosolpartikler vil bli elektrisk ladet i det svakt ioniserte plasmaet i den lavere ionosfære og vil omgi seg med forstyrrelser i elektrontettheten, som igjen kan forklare radarekkoene. Målinger av tettheten av aerosolpartikler (is) med raketter, viser igjen

en sammenheng med styrken av PMSE. ALOMAR har gjort det mulig å studere hyppighet og høydefordeling av NLC og PMSE i detalj, og vil over tid kunne kartlegge klimatologiske forandringer i denne delen av atmosfæren.

Det er viktig å forstå de kompliserte prosesser som på små skalaer (meter og centimeter) gir opphav til NLC og PMSE, så vel som deres relasjon til bølger, turbulens og global sirkulasjon i lufthavet. PMSE og NLC kan gi informasjon om tidebølger, som vist i Figur 5. Her ser vi tydelig tidebølger med 12-timers periode, og disse tidebølgene er langt sterkere enn prediktert av teoretiske modeller. Tidebølgene i atmosfæren oppstår ikke som tidevannsbølger i havet ved månens og solens tyngdekraft, men pga. periodisk oppvarming av troposfæren og stratosfæren ved absorpsjon av solstråling.



Figur 5. Midlere døgnvariasjoner av PMSE-høyder (øverst) og NLC-høyder (nederst) av alle ALOMAR-observasjoner i 1997. Maksimal ekkostyrke ble brukt som høyde.[9]

Atmosfæren er en komplisert "resonator" med mange resonanser (egenmoder og egenverdier). Når en slik resonator blir eksitert med f.eks. en 24-timers periode, vibrerer den også med andre perioder, omtrent som et musikkinstrument.

Veien videre

Det viser seg at atmosfæremålinger med flere instrumenter og flere metoder samtidig i det samme luftvolumet, forteller oss mye mer om de fysiske prosessene enn summen av resultatene fra de enkelte instrumenter kan gjøre. Derfor er nye instrumenter velkomne på ALOMAR, i korte eller lange perioder. For eksempel støtter EU-kommisjonen forskere fra 30 europeiske land (EU og de assosierte landene) når de ønsker å bruke ALOMAR-instrumentene eller sette opp sine egne instrumenter der. Samordning med rakett- og ballongmålinger, og med bakkebaserte målinger fra andre stasjoner (lidar og radar, som f.eks. EISCAT), vil fortsette og øke i betydning.

Observasjon av impuls- og energitransport i atmosfæren, som er et viktig og opprinnelig mål for ALOMAR, har vist seg å være mer komplisert enn antatt. Noen viktige demonstrasjoner er blitt gjennomført, men mye arbeid gjenstår.

ALOMAR-forskerne har satt seg langsiktige og ambisiøse mål. De vil systematisk bygge opp vår kunnskap om den midlere atmosfære og dens vekselvirkning med troposfæren, termosfæren og ionosfæren. Denne kunnskapen vil bidra til forståelse av de detaljerte fysikalske prosesser i mediet så vel som den langsiktige klimatologiske utvikling av atmosfæren. ALOMAR og Andøya Rakettskytefelt representerer i dag en enestående samling av avanserte instrumenter og fasiliteter som gir muligheter for observasjoner av den midlere atmosfære ved høye bredder. Det finnes ikke maken noe annet sted i verden. Resultatene er oppnådd gjennom et utstrakt internasjonalt samarbeid der utenlandske og norske forskere har bidratt med stor innsats både i arbeid og investeringer.

Referanser

1. Thrane, E.V.: *ALOMAR – Romfysikk og miljøforskning.* Fra Fysikken Verden, **56**, (4) 103 (1994)
2. Thrane E.V., and U. von Zahn: *ALOMAR – A new facility for middle atmosphere research at Arctic latitudes.* J. Geomag. Geoelectricity, **47**, 921 (1995)
3. Skatteboe R.: *ALOMAR: Atmospheric science using lidars, radars, and ground based instruments.* J. Atmos. Terr. Phys., **58**, 1823 (1996)
4. ALOMAR Publications List: Internett: *http://www.rocketrange.no/alomar/about/publications.html*
5. von Zahn, U., G. von Cossart, J. Fiedler, K.H. Fricke, G. Nelke, B. Baumgarten, D. Rees, A. Hauchecorne, K. Adolfsen: *The ALOMAR Rayleigh/Mie/Raman lidar: objectives, configuration, and performance.* Ann. Geophys. **18**, 815 (2000)
6. She, C.Y., J.D. Vance, B.P. Williams, D.A. Krueger, H. Moosmuller, D. Gibson-Wilde, D. Fritts: *Lidar studies of atmospheric dynamics near the polar mesopause.* EOS, **83**, 289 (2002)

7. Hoppe, U.-P.: *Stratospheric warmings – the quasi-biennial oscillation.* Internett: *http://www.mil.no/multimedia/archive/00001/Hoppe-R-2001-02263_1846a.pdf* (2001)

8. Blix, T.A., M. Rapp, F.-J. Lübken: *Relations between small scale electron density fluctuations, radar backscatter and charged aerosol particles.* J. Geophys. Res., i trykk (2003)

9. von Zahn, Ulf, J. Bremer: *Simultaneous and common-volume observations of noctilucent clouds and polar mesosphere summer echoes.* Geophys. Res. Lett., **26**, 1521 (1999)

∞

Fysikkolympiadens finaledeltakere

Øystein Guttersrud [1] *og Carl Angell* [2]

Internasjonale fysikkolympiader (IPhO) for elever i videregående skoler har vært arrangert hvert år siden 1967. Målet er å stimulere elever med interesse for fysikk til å fortsette med faget. Norge har deltatt med fem elever hvert år siden 1984. Norsk Fysikklærerforening i NFS, arrangerer uttakings prøvene, og det blir holdt kurs ved Universitetet i Oslo for de beste elevene. Med støtte fra Norges forskningsråd er det nå gjennomført en undersøkelse over hvilke utdanninger de norske deltakerne i fysikk- og kjemiolympiadene samt Abelkonkurransen, har valgt etter den videregående skolen. Her gjengis noen av resultatene fra denne undersøkelsen med fokus på deltakerne i fysikkolympiadene, her kalt finalistene.

Metode

Det har totalt vært med 85 deltakere fra Norge i IPhO. Av de finalistene vi greide å oppspore, returnerte 47 spørreskjemaet i utfylt stand. Skjemaet inneholdt både "åpne spørsmål" og "flervalgsspørsmål". Et eksempel på et åpent spørsmål er: *Ville du valgt samme utdanning hvis du kunne velge på nytt? Hvis nei; hva ville du gjort annerledes?* Noen av flervalgsspørsmålene søkte etter "grad av mening", og på disse ble en femdelt likertskala benyttet. Ett eksempel er: *I hvilken grad mener du at deltakelse i fagolympiaden/ Abelkonkurransen virker positivt med hensyn til å rekruttere studenter til realfag?* (Sett ett kryss)

Liten grad	□
Noen grad	□
Stor grad	□
Svært stor grad	□
Vet ikke	□

De åpne spørsmålene ble analysert kvalitativt. Koder ble utviklet etter behov (induktiv analyse) for å kategorisere svarene. For eksempel ble ulike linjer i sivilingeniørutdanningen (fysikk og matematikk, miljøfysikk og ulike retninger innen elektronikk) samlet under koden "fysikkstudie". Dette ble gjort for å kunne sammenholde disse med fysikkutdanningen i de "frie" studier.

Da vi i utgangspunktet søkte hele populasjonen av finalister og ikke analyserte data fra et tilfeldig utvalg, er det ikke utført statistiske analyser som baserer seg på et slikt utvalg.

Informasjon om Fysikkolympiaden

Det viste seg at 20 finalister (43 %) var blitt spurt av fysikklærerne sine om de kunne tenke seg å delta

[1] Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, UiO,

[2] Fysisk institutt, UiO.

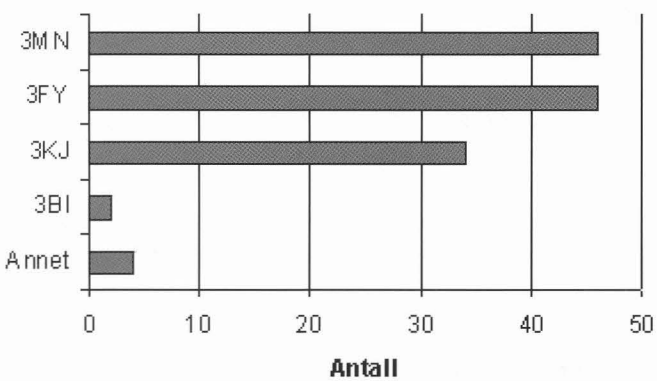
i konkurransen. Dette var langt flere enn de 15 som oppgav at første uttakingsrunde var blitt arrangert for hele klassen/gruppen. Ni av finalistene hadde meldt seg på konkurransen etter å ha lest et oppslag om Fysikkolympiaden på skolen, mens syv hadde hørt om finalen via venner. Det er med andre ord fysikklærerne som i det store og hele rekrutterer deltakere til fysikkolympiadene.

Kjønnsfordelingen

De er ingen tvil om at Fysikkolympiaden er guttenes konkurranse. Ingen av de 85 finalistene fra Norge var jenter. Det samme er tilfellet for Abelkonkurransen. Kun en liten "abelsk gruppe" på tre jenter har representert Norge i Den internasjonale Matematikkolympiaden. Svært få norske jenter har deltatt i Den internasjonale Kjemiolympiaden.

Studiefag i videregående skole

I figur 1 ser vi at 46 av de 47 finalistene tok kurset 3MN/MX på videregående skole. (En har gått på internasjonal linje. Matematikk- og fysikkursene på denne type linje kan avvike noe fra 3MN/3MX og 3FY.) Like mange krysset av for 3FY, mens 34

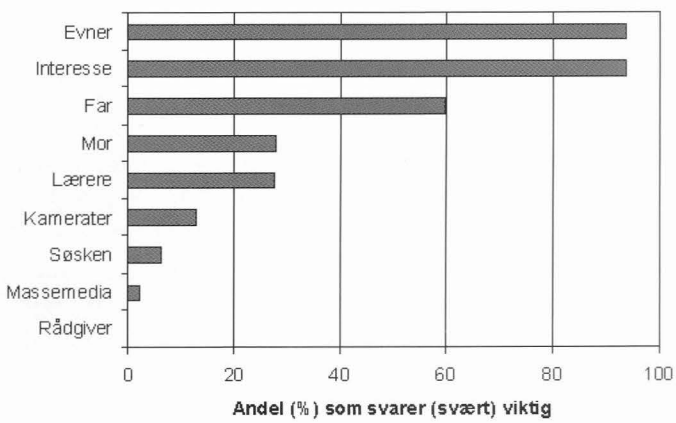


Figur 1. Antall finalister som velger nevnte studieretningsfag.

hadde hatt 3KJ. Alle som hadde valgt 3KJ, hadde også valgt 3MN og 3FY (sterk fordypning i realfag). Kun to finalister hadde lest studieretningsfaget 3BI, mens tre oppgav at de hadde valgt datafag ved siden av realfagene. Ingen hadde "hoppet av" studieretningsfagene matematikk, fysikk eller biologi etter andre klasse. Av de som hadde hatt 2KJ, lot 15 % være å fortsette med faget i tredje klasse. Til sammenligning er det totalt sett ca. 1/3 av elevene i videregående skole som slutter med studieretningsfagene fysikk, kjemi og matematikk etter andre klasse.[1]

Interesse for realfag

Mange faktorer kan stimulere til interesse for realfag. I ett av spørsmålene skulle respondentene ta stilling til hvilken betydning de mente et utvalg av slike faktorer hadde hatt for dem. Antallet som krysset av for "stor" og "svært stor" betydning på hver av faktorene, er presentert i figur 2. "Egne evner" og "egne interesser" er to faktorer som skårer svært høyt. Hele 44 (94 %) mener disse faktorene er av stor eller svært stor betydning.



Figur 2. Betydningen av et utvalg av faktorer som kan ha stimulert til interesse for realfag.

Vi ser tydelig at far har større betydning enn mor i forhold til å stimulere til interesse for realfag. Sett i sammenheng med tidligere studier,[2] er dette ingen stor overraskelse. Funnene indikerer likevel at far fortsatt er den av foreldrene som i størst grad skaper interesse for naturvitenskap. Lærerne kom derimot noe dårligere ut blant fysikerne enn blant kjemi- og matematikk-finalistene. Massemedier og skolenes rådgivere synes å ha liten betydning for finalistenes interesser.

I forskningsprosjektet FUN (Fysikkutdanning i Norge) ble det samme spørsmålet stilt til et utvalg av 2FY- og 3FY elever.[3] Også her kom "egne evner" og "interesser" frem som de overlegent viktigste faktorene. Lærernes betydning fremstår imidlertid som større blant olympiadedeltakerne enn blant fysikkelever mer generelt.

Respondentene tok også stilling til i hvilken grad de mente fagolympiadene hadde positiv virkning på

rekruttering til realfagene generelt. Så mange som 35 (75 %) mener at fagolympiadene har hatt "noen" eller "stor" positiv virkning på rekrutteringen.

Høyere utdanning

Av de 47 som besvarte spørreskjemaet, oppgav 28 at de studerte eller hadde studert, til sivilingeniør. 25 svarte at de studerte eller hadde studert, på frie studier ved ett eller flere universiteter. Seks finalister har studert både til sivilingeniør og tatt eksamener ved de frie studiene. *Ingen* av finalistene har utdanning fra ingeniørhøyskole, men tre stykker oppgav at de hadde annen høyskoleutdanning.

	UiO	NTNU	UiB	Siv.ing.
Antall	**15**	**7**	**8**	**28**

Tabell 1: Tabellen viser hvilke universiteter finalistene har valgt ved frie studier, samt antall finalister med sivilingeniørutdanning. I tillegg har én studert ved UiTø og én ved NLH. Undersøkelsen fanget ikke opp hvilket studiested sivilingeniørene kom fra.

Vi ser at flest av de som har valgt frie studier har valgt å studere ved Universitetet i Oslo. Ingen som deltok i undersøkelsen studerte eller hadde studert, ved universiteter i utlandet. Tallene viser imidlertid at noen kombinerer utdanning fra flere norske universiteter.

Oppnådd grad

Av de som studerer eller har studert, til sivilingeniør, har 21 (75 %) oppnådd denne graden. Til sammenligning har 13 stykker (52 %) avlagt hovedfagseksamen ved de frie studiene.

Av de som returnerte spørreskjemaet, var 17 født i perioden 1965–1971 (over 30 år). Av disse hadde 14 valgt sivilingeniørutdanning, mens 8 hadde valgt frie studier. Blant de som var 30 år eller yngre, hadde 14 valgt sivilingeniørutdanning og 17 hadde valgt frie studier. Dette tyder på at det blant finalistene er mindre populært å studere til sivilingeniør i dag enn tidligere.

Valg av fag

Fysikk

Blant de som hadde valgt frie studier, oppgir åtte at de har fysikk i cand.mag.-graden. Det er for tiden fire som leser fysikk på lavere grads nivå, mens fem har avsluttet hovedfag i fysikk. Blant de som studerer til sivilingeniør, er det tre som nå går på en av linjene vi har definert som "fysikk", og ni har fullført sivilingeniørgraden i fysikk. Totalt har dermed 19 av de 47 finalistene som fylte ut spørreskjemaet, studert fysikk på ett eller annet nivå.

Andre fag

Tre finalister har avsluttet hovedfag i matematikk, og seks leser faget på lavere grads nivå. Fem har tatt hovedfag i kjemi og en er for tiden hovedfagsstudent i kjemi. To har tatt hovedfag i informatikk, og like mange er utdannet som lege. Fire fysikkfinalister er for tiden medisinstudenter, og en studerer juss på hovedfagsnivå.

Av de som har valgt sivilingeniørutdanning, har 8 tatt denne graden innen datafag. 2 er utdannet innen industriell matematikk, 1 i marin teknikk og 1 i maskinteknikk. 1 studerer for tiden industriell økonomi/teknologiledelse, mens en annen studerer datafag.

Tilfredshet med studievalg og fagolympiadenes betydning

Respondentene ble bedt om å ta stilling til om de ville ha valgt samme utdanning hvis de kunne velge på nytt. Ni svarte at de ville ha valgt annerledes i dag. Det var liten forskjell på hvordan de med sivilingeniørutdanning og de med utdanning fra frie studier besvarte dette spørsmålet.

Respondentene skulle også ta stilling til om fagolympiadene hadde hatt betydning for det valget av utdanning de hadde gjort. Her svarte 27 at deltakelse i fagolympiade hadde hatt "noen" eller "stor" betydning for valg av utdanning.

Doktorgrad

Ni av finalistene som besvarte spørreskjemaet, hadde disputert for doktorgraden. Av disse hadde fem tatt hovedfag, mens fire hadde graden sivilingeniør. Seks holdt på med doktorgrad, mens 19 svarte at de ønsket å ta doktorgrad. De som *ønsket* å ta doktorgrad, fordeler seg likt på sivilingeniørutdanning og frie studier. Det var kun åtte som svarte at de *ikke* ønsket å ta doktorgrad. Det er med andre ord liten tvil om at finalistene har høye akademiske ambisjoner.

Fire av finalistene har disputert for doktorgraden i fysikk, og tre er for tiden doktorgradsstudenter i fysikk. Tre har doktorgrad i matematikk. En holder på med, og en annen ønsker å ta, doktor-

grad innen matematikk. En oppgav at han ønsker å ta doktorgrad i kjemi. Fire stykker ønsker å ta doktorgrad i informatikk, mens en har, og en holder på med doktorgard i informatikk.

Vi tar også med at en av finalistene er i ferd med å ta doktorgrad i medisin, og en oppgir at han med tiden ønsker å ta doktorgrad i medisin. En av finalistene ønsker å ta doktorgrad i sosialantropologi.

Yrke

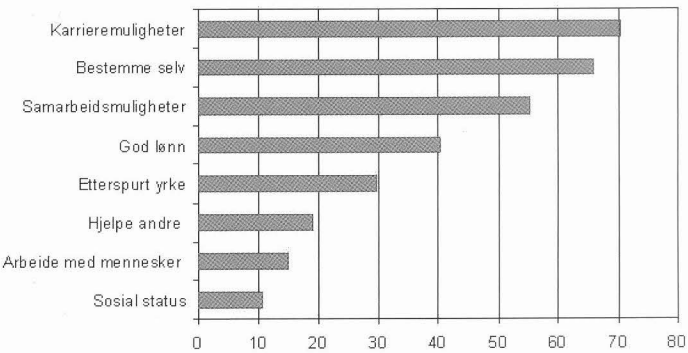
Ingen som besvarte spørreskjemaet, var ansatt i grunnskolen eller i videregående skole. En var ansatt ved en høyskole, mens seks oppgav at de var stipendiater/ doktorgradsstudenter. Kun tre var *ansatt* ved et universitet. Like mange svarte at de var ansatt i en annen offentlig forskningsinstitusjon. Det var i tillegg tre finalister som arbeidet i en privat forskningsinstitusjon. Fire jobbet for tiden i en offentlig bedrift, mens 14 var tilknyttet en bedrift i det private næringsliv.

De som var i jobb, ble bedt om å oppgi om deres nåværende stilling i hovedsak omfattet administrativt arbeid eller forsknings og utviklingsarbeid. Av de 47 som besvarte spørreskjemaet, var 33 i jobb. Av disse oppga 25 at arbeidet deres i hovedsak omfattet forsknings- og utviklingsarbeid.

De som fortsatt studerte (15 stykker), ble bedt om å oppgi hva slags jobb de ønsket seg etter avsluttet utdanning. (De 6 stipendiatene svarte også på dette spørsmålet). Ingen av disse 21 ønsket seg arbeid i skolesektoren eller i "det offentlige". Ni stykker ønsket jobb ved universitet eller forskningsinstitusjon, og 11 kunne tenke seg jobb i det private næringsliv.

Det er tydelig at deltakelse i en fagolympiade ikke har hatt særlig stor betydning for valg av yrke. Hele 39 stykker (83 %) svarte at deltakelsen kun hadde hatt "noen" eller "liten" betydning for yrkesvalget.

Finalistene ble også bedt om å ta stilling til et sett av faktorer som hadde hatt, eller ville komme til å ha, betydning for valg av yrke. Resultatene er gjengitt i figur 3. Vi ser her at finalistene rangerer selvstendighet i jobben og muligheten for å gjøre faglig karriere, svært høyt. Muligheten for å tjene bra, ha et yrke som er etterspurt i samfunnet og som gir sosial status, er av mindre betydning. Personorienterte aspekter som å "hjelpe andre" og "arbeide med mennesker", blir rangert lavt.



Figur 3. Faktorer med betydning for valg av yrke.

Synspunkter på fagolympiadene

Mange av finalistene så tilbake på konkurransene som en svært positiv opplevelse. Dette ble grunngitt ved "godt gjennomført arrangement", og arrangementenes sosiale side; de hadde møtt mange "likesinnede" som de følte tilhørighet til. De opplevde konkurransene som svært motiverende og inspirerende, og de hadde fått styrket sin faglige selvtillitt. Flere nevnte at de kunne ha ønsket seg liknende konkurranser på lavere alderstrinn slik at de gjennom dette kunne ha blitt oppmerksomme på denne type konkurranser tidligere.

Mange fremhevet det inspirerende miljøet og undervisningen de hadde mottatt på universitetet. De opplevde likevel at mange av de utenlandske finalistene var faglig overlegne, og at større ressurser derfor burde settes inn på forkursene på universitetet. Denne undervisningen hadde gitt mange større selvtillit og lyst til å fortsette med realfagstudier. Men mange savnet mer oppmerksomhet rundt konkurransene. Deltakerne burde i større grad bli fremhevet og premiert, noe de hevdet deltakerne fra andre land ble. Både universitetene og næringslivet burde vise større interesse for de *flinke* finalistene.

Resultater

Medaljefordelingen i fysikkolympiadene viser at omtrent 10 % av de som deltar får gull. Videre mottar 20 % sølvmedalje og 20 % får bronse. Det vil si at omlag halvparten av alle deltakerne får medalje. I tillegg får omtrent 20 % såkalt "hederlig omtale". Norske deltakere har brakt hjem 1 gull- og 4 bronsemedaljer fra fysikkolympiadene. I tillegg har 12 stykker fått "hederlig omtale".

Avslutning

De faglige resultatene er kanskje ikke så gode som noen ville forventet eller hadde håpet på. Men en bør være klar over at det faglige nivået i finalen er svært høyt. Deltakere fra andre land er valgt ut fra langt mer elitepregede skoler med sterkere vekt på realfag enn vi kjenner fra Norge.

På bakgrunn av olympiadedeltakernes svar på spørreskjemaet, synes det ganske klart at fagolympiadene bidrar positivt til å rette oppmerksomhet mot realfagene i norsk skole. Deltakerne setter pris på det sosiale, og det at de får treffe likesinnede. Olympiadene virker dermed motiverende, og de ser ut til å styrke deltakernes faglige selvtillit.

Ingen enkelttiltak vil kunne snu trenden med at unge mennesker velger seg vekk fra realfagene; derfor trengs det et mangfold av tiltak både i og utenfor det etablerte utdanningssystemet for å øke interessen for realfagene. Olympiadene i fysikk og kjemi og Abelkonkurransen, er slike tiltak.

Referanser

1. Renate 2000: *http://www.fysikknett.no*
2. S. Lie og C. Angell: *Fysikk i videregående skole: Hvem velger faget, og hvorfor?* Skrifter for realfagundervisning, nr. 5, Senter for lærerutdanning og skoletjeneste, og skolelaboratoriet avd. fysikk, Universitetet i Oslo (1990)
3. C. Angell, E.K. Henriksen og A. Isnes: *Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av!* I D. Jorde og B. Bungum (red.) Naturfagdidaktikk, Gyldendal Akademisk, Oslo (2003)

Noen aktuelle lenker:

4. *http://www.fys.uio.no/skolelab/fysikkol/*
5. *http://www.kjemi.uio.no/kjemiolympiade/index.html*
6. *http://olympiads.win.tue.nl/ioi/*
7. *http://www.nio.ntnu.no/*
8. *http://www.math.uio.no/abelkonkurransen/*
9. *http://www.imo.math.ca/*
10. *http://www.kbinirsnb.be/ibo/ibo.htm*
11. *http://issp.ac.ru/univer/astro/ioas_e.html*

∞

Lars Onsager – 100 år

Per Chr. Hemmer *

Det er i år 100 år siden Lars Onsager ble født. At det kom et Onsager-frimerke i høst er derfor både i rett tid og svært gledelig.

*Institutt for fysikk, NTNU.

Da Margarethe Onsager 30. oktober 1968 ble informert av journalistene om at hennes mann hadde fått nobelprisen, ble de forbauset over at det første hun sa var: "In Physics or Chemistry?"[1] Det var et godt spørsmål, for Onsager var blitt foreslått både til nobelprisen i fysikk og i kjemi. På frimerket er antydet begge de banebrytende arbeidene som forslagsstillerne fremhevet: Den eksakte løsning av den to-dimensjonale Ising-modellen, representert ved et kvadratisk gitter av magnetiske momenter, og teorien for irreversible prosesser, symbolisert ved Onsager-relasjonen $L_{ij} = L_{ji}$. Som kjent ga teorien for irreversible prosesser ham kjemiprisen. Men den selvsamme teorien var også hovedbegrunnelsen i nomineringer (fra Leiden og fra London) av Onsager til *fysikk*-prisen![2] Onsagers vitenskapelige bredde

var meget stor og gikk ut over fysikk og kjemi – hans doktoravhandling var i ren matematikk!

Onsagers løpebane som vitenskapsmann har, som vi kommer tilbake til, mange høydepunkter, ikke bare de to ovennevnte.[3] Onsager var på reisefot i California da nobelprisen ble annonsert. En journalist fra Svenska Dagbladet fikk tak i ham ved halvsekstiden om morgenen, og gratulerte med "nobelprisen for Onsager-teorien". Onsager svarte: "Onsager-teorien? Det kan være litt av hvert det; hvilken gjelder det?"[4]

Vegen til prisarbeidet

Onsager ble født 27. november 1903 i Kristiania som sønn av Erling og Astrid Kirkeby Onsager. Faren var høyesterettsadvokat og en velstående forretningsmann. Det var tidlig klart at Lars var begavet. Han hoppet over en klasse på Frogner gymnas, og begynte 16 år gammel på kjemilinjen ved NTH. Her arbeidet han seg i studietida gjennom Whittaker and Watsons krevende klassiker *Modern Analysis*, og han ble kalt "Matematiker'n" av sine medstudenter. Diplomarbeidet gjorde han i 1925 hos professor Johan Holtsmark, et *eksperimentelt* arbeid: *En undersøkelse av absorbtions-spektra ved lave temperaturer*. Så allerede i studietida ser en ingrediensene i Onsagers senere virke: Kjemi, fysikk og matematisk virtuositet.

Som student leste Onsager vitenskapelige tidsskrift, og Debye og Hückels teori for elektrolytter fra 1923, fanget hans interesse. Han så at teorien ikke var helt korrekt, fordi visse grunnleggende symmetrikrav ikke var tilfredsstilt. Og han tok tyren ved hornene: Som nyutdannet i en alder av 22 år, reiste han til Zürich, spaserte inn på professor Debyes kontor og sa alvorlig: "Guten Morgen, Herr Professor, Ihre Leitfähigkeitstheorie ist falsch!" Debye bød Onsager en sigar, og ble i den etterfølgende diskusjon dypt imponert over den unge mannen. Onsager ble to år hos Debye som assistent.

Forholdene i Europa var vanskelige i slutten av tyveårene, og Onsager fikk tilbudt en meget godt betalt stilling ved Johns Hopkins University i Baltimore, for vårsemesteret 1928. Han hadde lenge grublet over symmetrier i transportproblemer, i studiedagene i elektrolyttsammenheng, senere for generelle irreversible prosesser. Men han fikk ikke has på problemet. Ved reisen til USA måtte han tilbringe to dager i Boulogne-sur-Mer for å vente på båten, og denne ventetiden var fruktbar. Ting falt på plass, og teorien ble klar for ham.[5] Den første annonseringen kom på et nordisk naturforskermøte i 1929.

I Baltimore fikk han det travelt med å forberede undervisningen for begynnende kjemistudenter. Forberedelsene hjalp lite; han var noe nær en pedagogisk katastrofe, og engasjementet ble ikke fornyet. Heldigvis hadde Charles Kraus på Brown University hørt Onsager gi et foredrag på en konferanse, blitt mektig imponert, og tilbudt ham en stilling på Brown, der han ble i fire år. Her fikk han skrevet ferdig de to artiklene om irreversibel termodynamikk som senere skaffet ham nobelprisen. Han forsto at dette var et viktig fundamentalt arbeid, og bestilte 1000 særtrykk fra Physical Review. Men vitenskaps-verdenen hadde ikke samme forståelse: Arbeidet ble helt upåaktet, og han fikk ingen forespørsler om særtrykk i det hele tatt![6] Det var først mer enn et tiår senere, da Casimir og andre nederlandske fysikere tok opp tråden, at Onsagers teori for irreversible prosesser ble kjent, og hans resiprositetsrelasjoner anvendt.

Isingmodellen

I 1933 ble Onsager ansatt ved Yale University, der han ble i nesten førti år. Han var stadig ingen god foreleser. Mens kurset hans i statistisk mekanikk på Brown gikk under navnet "Sadistical mechanics", ble det på Yale ofte kalt "Advanced Norwegian I" og "Advanced Norwegian II". Onsagers første engasjement ved Yale var som postdoc, og han følte seg uvel uten doktorgrad. Han leverte til instituttets overraskelse inn en avhandling i ren matematikk, *Solutions of the Mathieu equation of period* 4π *and certain related functions.*[7] Kjemikerne ved Yale, og likeledes fysikerne, var i stor villrede, og det var først da Yales kjente matematiker Einar Hille sa at det ville være en glede å gi Onsager en doktorgrad i matematikk, at kjemikerne aksepterte avhandlingen.

Høsten 1940 ble Onsager interessert i et problem der den mikroskopiske formuleringen er enkelheten selv: Atomer i et kvadratisk gitter har et magnetisk moment som kan peke i en av to retninger, parallelt eller antiparallelt til et magnetisk felt, og det er en energibonus for hvert nabopar som peker i samme retning. Denne modellen, Ising-modellen, har fått navnet etter Ernst Ising som løste den éndimensjonale versjonen.

Onsager forbløffet den vitenskapelige verden i 1944 ved å løse modellen ved hjelp av et virtuost oppbud av avansert matematisk verktøy som elliptiske funksjoner, kvaternion-algebra og Toeplitz-matrisers asymptotikk. Dette var første gang en så demonstrert en faseovergang ved direkte beregning ut fra statistisk mekanikk uten tilleggshypoteser eller villedende approksimasjoner. Den tekniske brillians i Onsagers arbeid er uomtvistelig, men den virkelige betydningen lå i de fysiske prediksjonene. For eksempel var det første gang en uendelig varmekapasitet ved faseovergangens kritiske punkt var sett. Onsagers arbeid underminerte fullstendig Landaus fenomenologiske teori for kritiske fenomener, og virket som en inspirasjon i de neste årtiene, både for eksperimentatorer og for teoretikere. "Onsager-revolusjonen" kaller Cyril Domb det i sin bok om kritiske fenomener.[8]

Om Onsagers store innsats i irreversibel termodynamikk ble møtt med likegyldighet, vakte Ising-arbeidet straks enorm oppmerksomhet. For eksempel skrev Wolfgang Pauli i 1945 til Casimir, at den eneste virkelige nyhet i teoretisk fysikk i USA under krigen var Onsagers løsning av Ising-problemet.[9] Begge disse mesterverkene gjorde Onsager som nordmann. Han fikk amerikansk statsborgerskap i 1945.

Lars Onsager (1903–1976)

Det neste oppsiktsvekkende resultatet publiserte han bare på tavler i diskusjonsavsnittet etter andres foredrag. Det var en eksakt formel for hvordan den spontane magnetiseringen for Ising-modellen varierte med temperaturen, igjen et resultat med en fundamentalt forskjellig kritisk oppførsel enn alle tidligere prediksjoner. Han publiserte aldri utledningen! Først fem år senere greide C.N. Yang å utlede Onsagers resultat. Mitt livs lengste beregning, har Yang skrevet.

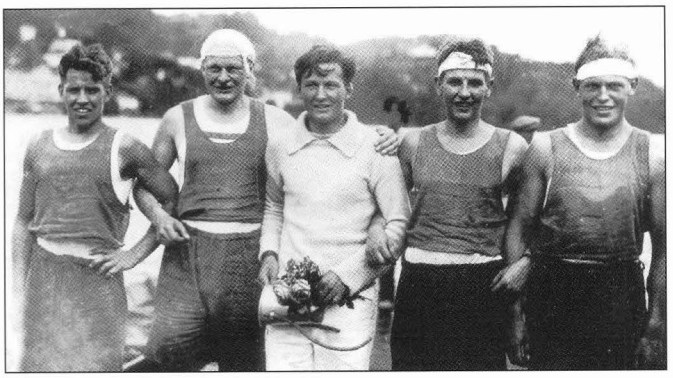
Den allsidige Onsager

Onsager ville vært en kjent vitenskapsmann også uten de to hovedverkene nevnt i innledningen. Han viste i 1952 at de Haas–van Alphen-effekten – periodiske variasjoner av et metalls magnetiske moment med økende magnetfelt – gjenspeiler Fermiflatens geometri. På forskningspermisjon i Cambridge i 1951 delte han kontor med David Shoenberg og hørte om eksperimentene hans på denne effekten. Da han reiste ga han Shoenberg artikkelen som forklarte eksperimentene, og det ble ikke tid til diskusjon!

Onsager viste også at et system av lange harde molekyler uten annen vekselvirkning har en faseovergang til en retningsorientert (nematisk) fase, slik en ser det i flytende krystaller. Det er også "Onsager-teori" for dielektrisitetskonstanten, for rekombinasjonssannsynligheten for ioner, og for en rekke effekter i elektrolytter. Virvelkvantisering, turbulens-spektret og langtrekkende orden i suprafluider, er andre områder der Onsager var meget tidlig ute.

Som historien med Shoenberg illustrerer, arbeidet Onsager nesten aldri sammen med kolleger. Men han hadde et godt forhold til sine studenter og postdocs.[10] Og han var på ingen måte en verdensfjern professor. Onsager hadde store kunnskaper i botanikk, og var en praktisk mann på laboratoriet og hjemme. I fritiden spilte han bridge og sjakk, og likte typisk norske aktiviter som fjellturer, ski og skøyter. I Sveits var han med på å vinne en roregatta (se bildet). Onsager arbeidet ved University of Florida de siste årene. Han gikk bort i 1976.

Av oss oppfattes Onsager i første rekke som fysiker, selv om han, i likhet med andre gode fysikere som Debye og Rutherford, fikk nobelprisen i kjemi. Onsagers ry er stadig økende, og han står som en av de største fysikerne i forrige hundreår.



Onsager (nr. 2 fra venstre) på vinnerlaget i firer med styrmann, Zürichsee 1926.

Referanser

1. *Prizewinners in Physics and Chemistry.* Nature **220,** 533 (1968).
2. Nobelkomitéens arkiver for 1968 blir ikke tilgjengelige før i 2018 slik at det foreløpig ikke er kjent hvem som nominerte Onsager til en nobelpris. (Jeg har bare kjennskap til nominasjoner av Kamerlingh Onnes-laboratoriet i Leiden, av professor Cyril Domb ved King's College i London, av professor Odd Hassel, Kjemisk institutt, Oslo, og av en gruppe professorer ved Cornell University.)
3. P.C. Hemmer og E.H. Hauge: *Lars Onsager – en stor fysiker og kjemiker.* Fra Fysikkens Verden **55,** 100 (1993). Se også: I. Giæver: *Lars Onsager-historier,* s. 110 i samme nr.
4. Svenska Dagbladet 31. oktober 1968.
5. Lars Onsager i intervju med Donald G. Miller, 14. mai 1976.
6. Onsager bekreftet dette overfor J.M.J. van Leeuwen i 1970.
7. Publisert første gang i *The Collected Works of Lars Onsager, with commentary* (P.C. Hemmer, H. Holden and S. Kjelstrup Ratkje, Eds.), World Scientific, Singapore, 1996.
8. C. Domb: *The Critical Point.* Taylor & Francis, London, 1996.
9. Sitert i Elliott Montroll: *Orbituary, Lars Onsager.* Physics Today **30,** 77 (1977).
10. J.L. McCauley: *Lars Onsager – min doktorgradsveileder.* Fra Fysikkens Verden **55,** 104 (1993).

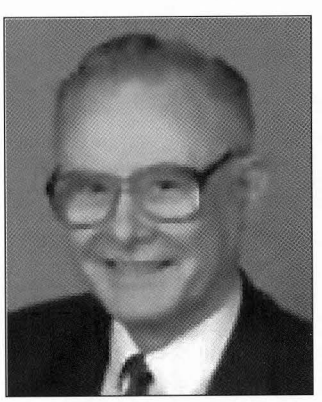
∞

Nobelprisen i medisin 2003

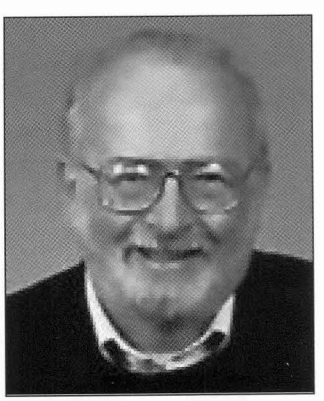
Thormod Henriksen *

Nobelprisen i medisin og fysiologi for 2003 gikk til Paul C. Lauterbur (USA) og Sir Peter Mansfield (England) "for their discoveries concerning magnetic resonance imaging (MRI)". Prisen er gitt for arbeider som ble utført i 1970 årene, og begge prisvinnerne er i dag pensjonister. For oss fysikere er det interessant å konstatere at ingen av de to er medisinere. Paul Lauterbur har en doktorgrad I kjemi og er professor ved Biomedical Magnetic Resonance Laboratory, University of Illinois, mens PeterMansfield har en doktorgrad i fysikk og er professor ved Magnetic Resonance Centre, School of Physics and Astronomy, University of Nottingham.

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.



Sir Peter Mansfield



Paul C. Lauterbur

Det aller første MR-bilde av en kroppsdel (et tversnitt av en brystkasse) ble gjort 3. juli 1977, av Raymond Damadian og medarbeidere. Det tok flere

timer å få frem et bilde med dårlig oppløsning med et instrument som forlengst er på museum. Bildet var sensasjonelt, men metoden var langt fra brukbar til diagnostikk den gang.

Jeg synes det kan være av interesse å nevne at allerede i august 1977, holdt en av våre vitenskapelige assistenter, Ragnar Bergene, en prøveforelesning på Blindern, med tittelen: *"Avbildning av indre struktur med magnetisk resonans: Metode og biologiske anvendelser"*. Ragnar er i dag studierektor ved Thor Heyerdahls skole i Larvik.

I dag er det omkring 40 MRI-maskiner i Norge og over 20 000 rundt om i verden. Det taes omkring 60 millioner MR-bilder i året, og MRI har endret medisinsk diagnostikk omtrent slik røntgenstrålene gjorde.

Hva er så MRI?

Magnetisk resonans ble et fagfelt i 1940-årene. I 1944 gjorde russeren Zavoisky de første elektronspinnresonans (ESR)-forsøk, og i 1946 gjorde F. Bloch og E.M. Purcell de første kjernespinnresonans (NMR)-eksperimenter. Bloch og Purcell fikk nobelprisen i fysikk i 1952 *"for their development of new methods for nuclear magnetic precision measurements and discoveries in connection therewith"*.[1]

Både ESR og NMR er basert på at en har enheter som har magnetisk moment. For ESR betyr det at en har atomer og/eller molekyler med uparete elektroner. For NMR betyr det at en har kjerner som har spinn forskjellig fra null. De atomkjerner som blir brukt innen NMR er i første rekke protonet (H-1). Andre kjerner som hyppig brukes er deuterium, C-13, N-14, F-19, Na-23 og P-31. Når det gjelder MRI baseres det på protonet i vannmolekylet -og det er mye vann i kroppen vår.

Vi har tidligere gitt det faglige grunnlaget for ESR,[2,3] men vil gjenta noe av det før vi går videre. Elektronet har spinn $\vec{S}$ og har et magnetisk moment som kan skrives:

$$\vec{\mu_e} = g\beta\vec{S}$$

Her er β Bohr-magneton og g den spektroskopiske splittingsfaktoren. For frie elektroner er den lik 2,0023. Vi får et helt tilsvarende uttrykk for protoner, med den forskjell at $g\beta$ erstattes med $g_N\beta_N$.

Når vi plasserer atomer eller kjerner med magnetisk moment (dvs. atomer med uparete elektroner eller atomkjerner med spinn forskjellig fra null) i et magnetfelt med styrke B, vil de få en energi som er avhengig av spinnets retning. For elektroner er energien gitt ved uttrykket:

$$E(m_S) = g\beta m_S \cdot B,$$

der m_S kalles det magnetiske spinnkvantetallet for elektronet, som har verdiene $\pm 1/2$. Det er derfor to mulige energitilstander. Uten magnetfelt vil de uparete elektronene (små magneter) være vilkårlig orientert og ha samme energi. I et magnetfelt vil de orienteres med eller mot feltet. Det blir to energitilstander med forskjellig energi. Energiforskjellen øker med magnetfeltet. Inn mot dette systemet sendes elektromagnetisk stråling med energi $h\nu$. For et bestemt magnetfelt vil det induseres overganger mellom energinivåene hvis $h\nu$ er lik energiforskjellen. Dette kalles resonans. En overgang fra laveste til høyeste energinivå gir absorpsjon. Resonansbetingelsen for elektroner kan skrives:

$$h\nu = g\beta B$$

I prinsippet kan vi ha resonans for enhver frekvens hvis vi bare tilpasser magnetfeltet. I praksis holdes frekvensen konstant og magnetfeltet varieres. H-atomer har spinn 1/2, og vi får en helt analog resonansbetingelse. Det er likevel en betydelig forskjell fordi $g\beta \gg g_N\beta_N$. For eksempel vil et magnetfelt på 1 tesla (10 000 gauss) gi resonans for elektroner ved 28 GHz (mikrobølger med bølgelengde 1 cm). For protoner, derimot, vil et slikt felt gi resonans ved en frekvens på 42,6 MHz (i radiofrekvensområdet).

Den elektromagnetiske strålingen gir overganger i begge retninger med samme sannsynlighet. Hvis populasjonen av de to nivåer var den samme, ville vi verken få absorpsjon eller emisjon. Normalt er det flest kjerner eller atomer i det laveste energinivået. Dette forandres når magnetfeltet øker. Det er derfor en fordel med sterke magnetfelt. Innen ESR bruker en gjerne magnetfelt på 0,3–1,0 tesla, mens en innen NMR gjerne har betydelig sterkere magnetfelt, 1,5–6 tesla.

For å å en konstant absorpsjon, må populasjonsforskjellen opprettholdes. Det skjer via såkalte relaksasjonsprosesser som bringer kjernene tilbake til laveste energinivå. Vi skal ikke gå nærmere inn på dette, men det er prosesser som har med bevegelighet av protonspinnet å gjøre. Vi har "spinn-gitter" relaksasjon og "spinn-spinn" relaksasjon. En måler hastigheten av disse prosessene ved to såkalte relaksasjonstider, T1 og T2.

Når det gjelder røntgendiagnostikk, observerer en forskjeller i elektrontetthet. Det er store

forskjeller i elektrontetthet mellom beinvev og bløtvev, og det gir røntgenbilder som er lette å tyde selv for lekfolk. Adskillig vanskeligere blir det når en skal observere forskjeller i bløtvev, for eksempel ved mammografi der elektrontettheten er nesten den samme for kreftvev som for vanlig brystvev. For å få et bilde i MRI, må betingelsen være at det er forskjeller i de parametre en måler. De parametre en kan måle i MRI er protontetthet og de to relaksasjonstidene T1 og T2. Og nå kommer vi til noe merkelig. Det viser seg at T1 og T2 er forskjellige i normalt vev og patologisk vev. Hvorfor, vet vi ikke, men det kan utnyttes til diagnostikk.

Hvordan lages et bilde?

Slik vi har forklart til nå må vi plassere den kroppsdelen som skal avbildes i et sterkt magnetfelt. Resonansligningen gir sammenhengen mellom magnetfelt og radiofrekvens. Det er derfor mulig å forstå at en kan oppfylle resonanbetingelsene for et lite volumelement. For å lage et helt bilde av en kroppsdel, må dette "punktet" flyttes gjennom prøven! Nøkkelen til å oppnå dette, ligger i feltgradienter.[4] Her er det Paul Lauterburs innsats ligger. Han oppdaget at ved innføring av magnetfeltgradienter kunne en lage et todimensjonalt bilde av en prøve. I 1973 viste han hvordan en kunne skille tverrsnitt av rør fylt med vann fra omgivelser av tungt vann.

Peter Mansfield var fysikeren som viste hvordan en raskt kunne analysere og omforme målingene til et bilde. Han viste også hvordan ekstremt hurtig avbilding kunne oppnåes med hurtig variasjon i gradientene, kjent som ekko-planar skanning.

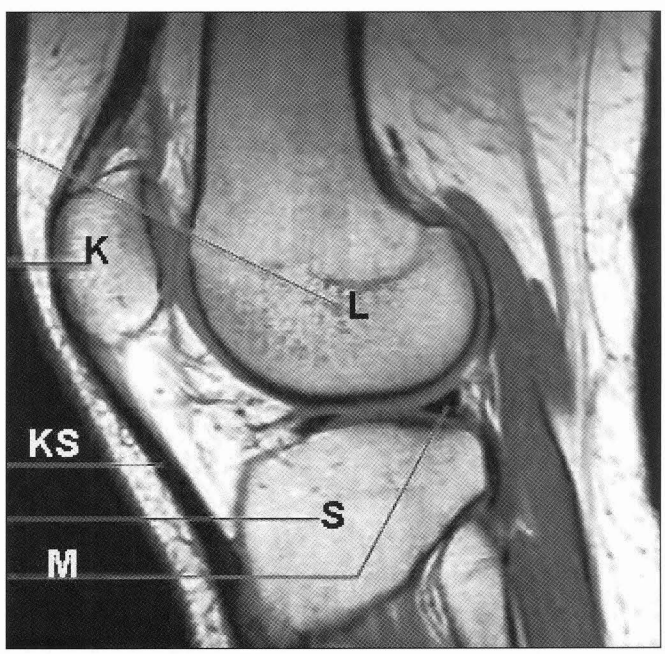
Når en gir en nobelpris til et fagområde som MRI, er det selvsagt mange som har bidradd til den suksess metoden har hatt. Det vil derfor være noen som kan synes å være forbigått ved utdelingen. En av disse er utvilsomt amerikaneren Raymond Damadian som gjennomførte det første MRI-bildet i 1977. Videre var det Damadian og medarbeidere som oppdaget de merkelige forskjellene i relaksasjonstid mellom normalvev og kreftvev – som i sin tur ble meget verdifullt for diagnostikken.

MRI-bilder og bruk

Dagens MR-skannere er gjerne såkalte 1,5-teslamaskiner. Magneten består av en solenoide som er kjølt ned til flytende helium-temperatur (4K). Da oppnår vi superledning og kan sende store strømstyrker gjennom spolen og oppnå de store magnetfeltene. Det er derfor interessant å konstatere at årets nobelpris i fysikk går til Alexei A. Abrikosov, Vitaly L. Ginzburg og Anthony J. Leggett *"for pioneering contributions to the theory of superconductors and superfluids"*. Spin-off fra dette arbeidet er nettopp superledende magneter som brukes i MRI. (Nobelprisen i fysikk for 2003 vil bli omtalt i neste nummer av FFV.)

Vi bruker MRI til å studere alle organer i kroppen. Vi vet at alle steder i kroppen der det er mye bein vil det være problemer med bruk av røntgen til å studere bløtvevet omkring. Da er MRI særlig verdifull og gjør det mulig å studere detaljer i hjernen og ryggmargen. Nesten alle hjernesykdommer gir endringer i vanninnhold, og dette kan visualiseres i MRI. En forskjell på bare 1 % i vanninhold er nok til deteksjon.

Multippel sklerose (MS) kan også studeres og følges med MRI. MS gir ofte betennelse i hjerne og ryggmarg. MR gjør det mulig å lokalisere dette, og videre kan en se effekten av en behandling.



Figur 1. Et MR-bilde av et kne. Det viser en stor rikdom av detaljer, og det er forståelig at idrettsfolk med kneproblemer benytter seg av en slik fin metode til undersøkelser. Her er pekt på noen detaljer: L er lårbein, K er kneskjell, S er skinnebein, KS er kneskjellsene og M er menisk.

La meg nevne et område der MRI er langt bedre enn røntgen. Det gjelder noe så dagligdags som rygglidelser som skyldes prolaps. Jeg har selv

gjennomgått en undersøkelse med røntgen der en sprøyter et kontraststoff inn i spinalvæsken i ryggmargskanalen. Da kan en få røntgenbilder ved å "helle" på pasienten og følge med hvordan kontraststoffet beveger seg. Der det stopper opp, er det en hindring, og et mulig prolaps. De bildene som fremkommer er diffuse fordi det er mye bein i området, og det vi ser etter ved prolaps er bløtvev. I 1985 besøkte jeg General Eletric som da laget de første 1,5-tesla MRI-instrumentene. De demonstrerte skanner og metode ved å vise et prolaps hos en av de som arbeidet der. Metoden er elegant, sikker og smertefri. Problemer og skader i kneldedd kan også godt studeres med MR (se figur 1).

MRI som metode er betydelig utviklet siden pionerdagene til Lauterbur og Mansfield. En kan nå ved hjelp av MR studere hjerte og blod uten kontraststoffer. I 1991 fikk Richard Ernst nobelprisen i kjemi for innføringen av pulset "Fourier transform" NMR og MRI. I 1993 fikk vi "functional" MRI som gjør det mulig å se funksjoner i ulike deler av hjernen.

Siden MRI kan gi tredimensjonale bilder, kan det brukes direkte ved kirurgi. En kan operere med pasienten i skanneren og få verdifull veiledning. En nøyaktig bestemmelse av en svulst er også viktig for en vellykket kirurgi- eller en strålebehandling. Metoden har mange muligheter og vil sikkert fortsatt bli utviklet. Fra den mer tekniske siden, kan vi kanskje vente maskiner med kraftigere magnetfelt, og 3-teslamaskiner er ikke lenger noen utopi. I dag blir det faktisk gitt kurs i MRI ved Fysisk institutt på Blindern.

Referanser

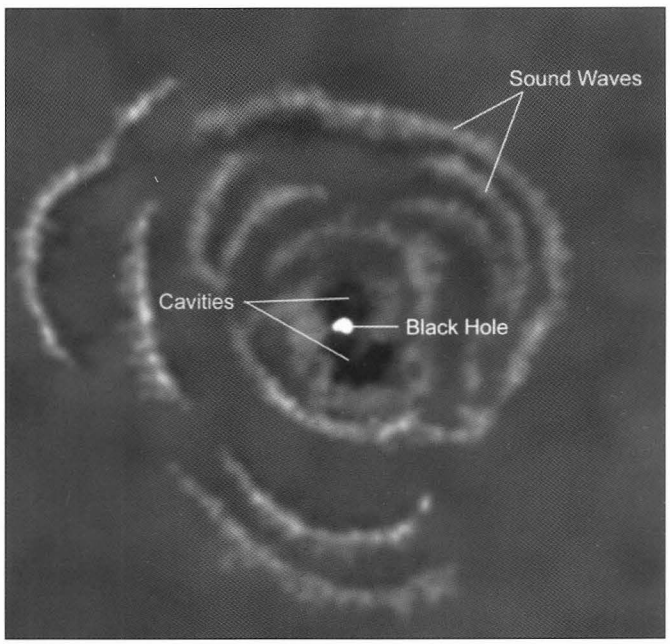
1. Egil Hylleraas: *Nobelprisen i fysikk 1952.* FFV **15,** nr. 1, 1–6 (1953)
2. Thormod Henriksen: *Fysikalsk-kjemiske prosesser i vann bestrålt med ioniserende stråling.* FFV **26,** nr. 1, 12–16 (1964)
3. Eli Olaug Hole: *Strålingsdosimetri med ESR-spektroskopi.* FFV **60,** nr. 2, 52–57 (1998)
4. Håkon Theisen og Olav Steinsvoll: *MRI – Snittbilder rekonstruert fra NMR-målinger.* FFV **49,** nr. 2, 39–43 (1987)

∞

Fysikknytt

Trykkbølger og svarte hull

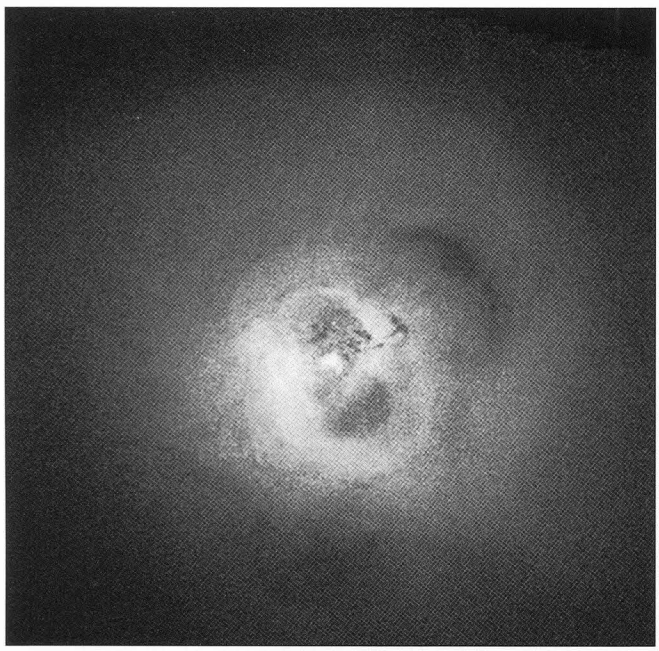
Ved hjelp av NASA sitt røntgenobservatorium Chandra, har man for første gang observert trykkbølger som beveger seg ut fra omgivelsene til et svart hull.



Figur 1. En illustrasjon som viser et mønster av trykkbølger fremkommet ved å bearbeide røntgenobservasjoner gjort med Chandrateleskopet. Hver sidekant av bildet utspenner en vinkel på 400 buesekunder på himmelen. (Ref.: NASA/CXC/M.Weiss.)

Et supermassivt svart hull befinner seg i galaksehopen Perseus som er 250 millioner lysår fra Sola. I 2002 ble det utført observasjoner med Chandra som viste et mønster av krusninger i gassen som fyller hopen (figur 1). Dette mønsteret er spor av trykkbølger som trolig har beveget seg utover i hopen i hundretusener av år. Astronomene mener at de kommer fra galaksehopens sentrum, der det befinner seg et supermassivt svart hull.(1)

Hvis man tenker på trykkbølgene som lydbølger, ville tonen ha vært 58 oktaver dypere enn en enstrøken c (c'). (Et piano har omtrent 7 oktaver.) Bølgene har en periode på omtrent 10 millioner år, og "tonen" ville ha vært 10^{15} ganger dypere enn grensen for hva vi kan høre.



Figur 2. Røntgenbilde av det sentrale området i galaksehopen Perseus. Bildet viser to mørke "lommer" i den intergalaktiske gassen, hver med omtrent 50 000 lysårs utstrekning. Disse er fylt av et energirikt plasma. Ved overflaten av "lommene" presser plasmaet på gassen. Det er her trykkbølgene blir dannet. Hver sidekant av bildet utspenner en vinkel på 284 buesekunder på himmelen. (Ref.: NASA/CXC/IoA/A.Fabian et al.)

Disse trykkbølgene kan åpne for en bedre forståelse av hvordan noen av universets største strukturer er dannet. Et uløst problem når det gjelder utviklingen av galaksehoper, har vært å forstå årsaken til at disse hopene inneholder mye varmere gass enn man ville vente for en gass som har hatt god tid til å bli kraftig avkjølt.

Hva er det som overfører energi til gassen? Svaret kan være: Trykkbølger fra området nær det sentrale svarte hullet der store mengder sterkt oppvarmet gass og plasma beveger seg mot hullet i en voldsom og turbulent virvel. Et kolossalt tap i gravitasjonsenergi fører til en enorm frigivelse av termisk energi. Dermed kan det skje voldsomme eksplosjoner slik at materie kastes utover. På Chandra-bildet, figur 2, ser vi tydelige spor etter dette.

Referanse

1. A.C. Fabian et al.: *A deep Chandra observation of the Perseus Cluster: shocks and ripples.* *http://xxx.lanl.gov/astro-ph/0306036*

Øyvind Grøn
Høgskolen i Oslo og Fysisk institutt, UiO.

∞

Bokomtaler

Michael White: Newton. Den siste trollmannen. N.W. Damm & Søn. 2002. ISBN 82-496-0416-4 (405 sider) 249 kr.

Genier er også mennesker

Der råder ingen tvil om at Sir Isaac Newton er alle tiders største fysiker. Han er også en av de aller fremste matematikere verden har sett. Selvfølgelig finnes det et uhorvelig antall av biografiske bøker og artikler der hans livsverk, ideer, liv og lagnad blir gransket og drøftet. Nå foreligger en ny skildring av den geniale mannen: "Newton. Den siste trollmannen", ført i pennen av Michael White.

Jeg vil øyeblikkelig protestere høylydt når det fra forlaget hevdes at dette er en *balansert* biografi. Dette er nemlig absolutt ikke biografien for den som er interessert i *vitenskapsmannen* Isaac Newton. Ingen som ikke allerede har ervervet seg kunnskap om klassisk mekanikk, vil fatte storheten ved Newtons "Principia" ved å lese boka til White. Mesterverket til Newton blir ikke gjenstand for noen skikkelig utredning, men blir omtalt ganske overfladisk. "Optics" får også en stemoderlig behandling.

Jeg tror heller ikke på at naturbegavelsen Newton mente at det var en sentrifugalkraft rettet utover som holder planetene i bane omkring sola. Jeg blir også forundret når White nærmest hevder at planetene er i likevekt i banene sine fordi sentrifugalkraften og en gravitasjonskraft rettet innover mot sola, holder hverandre i sjakk. Det er mulig at White ikke anser det for å være vesentlig å si fra at bevegelsen da refererer seg til den aktuelle planeten. Jeg har en mistanke om at Newton fattet at ferden til planetene bør refereres til den sentrale sola, hvis beskrivelsen skal bli enkel.

Det er en kjent sak at Newton syslet med alkymi. Selvsagt maktet han ikke å skape gull fra gråstein. Men denne mystiske virksomheten som egentlig baserte seg på prøving og feiling, ga i alle fall en empirisk kunnskap om hvordan blandinger av forskjellige stoffer oppfører seg. Vitenskapen kjemi er nå et høyst respektert fag, selv om fortidens utrettelige vismenn næret et inderlig og forgjeves ønske om å finne en eliksir som gir evig liv.

Men hovedtesen til forfatteren Michael White er at nettopp alkymivirksomheten til Newton var helt nødvendig og lå til grunn for hans banebrytende vitenskapelige arbeid. Dette er en meget drastisk

påstand, og jeg kan slett ikke se at White har belegg for å hevde noe slikt. Han blir aldri trett av å gjenta denne erklæringen, men argumentet blir ikke mer riktig og overbevisende av den grunn.

Newton syntes det er mer enn merkelig at legemer kan påvirke hverandre tvers over det tomme intet uten at noe stoff formidler påvirkningen. Dette gjelder jo ikke bare gravitasjonsvirkningen mellom jord og måne, men vi observerer dette faktum demonstrativt tydelig når de ulike polene til to magneter tiltrekker hverandre. Men jeg går ikke med på at den geniale Newton måtte hente inspirasjon fra mystiske spekulasjoner om tiltrekkende og frastøtende krefter fra de reaksjoner han opplevde i alkymien. Han unnfanget nok ideen om at tyngdekraften avtar med den inverse verdien til kvadratet av avstanden mellom legemene uten å ty til magiske forestillinger.

Jeg er altså ikke særlig begeistret over hva som er tatt med og hva som er utelatt av kjent stoff om Newton. For det som fordypes er ikke det som gjør Newton stor, men det som nær sagt gjør Newton liten. White har riktignok valgt å utbrodere det som gjør Newton menneskelig, men han legger større vekt på det som gjør Newton umenneskelig, frastøtende og usympatisk. Men selv om jeg protesterer for all verden, så velger jeg likevel å følge White på ferden. For det er riktig spennende og interessant å komme inn på livet og under huden på en så merkelig person som Isaac Newton.

Newton var en særdeles mangesidig og sammensatt person. Når han først fattet interesse for et emne, ble han lidenskapelig opptatt av det, nærmest besatt. Her møter vi den mystiske Newton som spekulerer, fabulerer og fantaserer. Det var ikke bare alkymien som vi nå anser som bortkastet beskjeftigelse. Newton bedrev utrolige religiøse funderinger og kom med dommedagsprofetier.

White gir den omfattende og grundige innføringen i familiebakgrunn, oppvekst, omgangskrets og samfunnsforhold som er helt nødvendig for å forstå virksomheten til denne "trollmannen". Vi får vite hvilken kranglevoren og stridig person vitenskapsmannen var. Han gjorde grundig narr av Robert Hooke, som ikke greidde å beregne planetbanene fra gravitasjonsloven. For den produktive Hooke manglet fullstendig Newtons matematiske begavelse. Kampen mot Leibniz om hvem som fortjente æren for differensial- og integralregningen, var meget uverdig og uærlig.

Newton opptrådte som en herskesyk tyrann da han dominerte vitenskapsselskapet i London. Han tvang astronomen Flamsteed til å utlevere observasjonene sine til tross for at Flamsteed mente at resultatene ennå ikke var helt pålitelige. Flamsteed hevdet at dette ødela selve livsverket hans. Det tok ikke den egoistiske Newton hensyn til. Han skulle benytte observasjonene til egne måneberegninger.

Her er også et vell av detaljer fra den tiden Newton viste seg å være en uhyre effektiv administrator for den kongelige mynt i England. Han reddet landet fra økonomisk ruin og forlystet seg med å la falskmyntere få "hilse på" galgen på deres veg til evigheten.

Den 31. mars året 1727 gikk også Newton selv til det evige. Så kan de middelmådige søke trøst i sannheten om at selv geniene blant oss er dødelige. Det gjelder også for den første blant fysikere; han som aldri opplevde en kvinne i elskovens sødmefylte favntak.

Henning Knutsen

∞

Sören Törnkvist: Fysik per vers. En trippel Newton och andra sånger. Bokförlaget Nya Doxa, 2. opplag, 2002. ISBN 91-578-0396-X, 59 SEK.

Fysikk – pr. vers!

Hvor mange rader "blankvers" (du vet med fem "pa dam"-satser per rad) skrev Shakespeare? Jeg vet ikke – men Hamlet og En midsommernattsdrøm og mye, mye annet er på blankvers. Goethe skrev blankvers, og i Sverige presiserte Esaias Tegnér sine krav på akademisk klarhet på blankvers ved doktorpromosjonen i 1820:

Vad du ej klart kan säga, vet du ej;
...
det dunkelt sagda är det dunkelt tänkta

Sören Törnkvist har skrevet 5 800 rader blankvers om fysikk. Og hans bok "Fysik per vers" (ordspillet unngår selvfølgelig ikke forfatteren), er utgitt i pocketformat. Forfatteren er valthorn-spiller, fysiker og pedagog med erfaringer fra undervisning i Afrika og i Midtøsten. Det ga ham anledning til å tenke på fysikken som en del av vår kultur, og resultatet ble en fysikk-didaktisk bok på vers. I ti år holdt Törnkvist på med arbeidet!

Utgangspunktet kan sies å være at han følte sterkt at mange år som lærer i fysikk for afrikanere og arabere, egentlig var en læreraktivitet på kulturimperialistisk nivå, en arrogant og "lärande på mina

villkor"-aktivitet. Han vil gjøre bot for fysikkens arrogante måte å undervise på – han vil på sin måte prøve å overbygge den isolasjon han ser naturvitenskapen befinner seg i. Om Törnkvist kan bygge broer over kløften mellom naturvitenskap og humaniora – anmelderne i svenske aviser er entusiastiske – så kan han i tillegg få en fysiker til å nyte og le, og frydes og gledes over å se fag presentert på en så glimrende måte. Og hvorfor ikke popularisere fysikk pr. vers?

Forfatteren gir noen enkle råd ved lesingen av blankvers, og iblant skal man stanse ved radens slutt – det kan gi en pause, tid til ettertanke – og

Läs lagom långsamt. Ty såväl förnuft
som känsla frodas där det råder lugn

Jeg har sjelden sett fysikkdidaktisk poesi tidligere. Og det er en fantastisk opplevelse å se Newtons lover, termodynamikkens basis, elektrisitetslærens historie, grunnen for moderne NMR, Ohms lov, sentralbevegelse og mye, mye mer, passere med vittighet, kunnskap, glede og presisjon. Koordinatsystem og rom–tid, "Hubble trubbel", treg og tung masse (med sumobrytere som bastant utgangspunkt), Halleys komet, energibegrepet, Stålmannens umulighet, en "Motstandsman" (Ohm, selvfølgelig), begrepet normalkraft og friksjon ("Science friction") – oppramsinger dekker allikevel ikke alle bokas tema.

Törnkvist løfter fram beretninger fra vitenskapshistorien, blandet med tanker og synspunkter på vitenskap og kunnskap, på fysikkens bruk. Hvem vil ikke huske på Joules bryllupsreise i Sveits hvor han for første gang prøvde å måle temperaturen i vann før og etter et fossefall ("men tyvärr var termometeren inte känslig nog").

Om var den unga mrs Joule höll till
i tanken under makens mätningar
har vi dessvärre ingen kännedom.
Men spekulera kan ju vara kul

Har jeg gitt et inntrykk av at Törnkvist bare er en gudommelig pedagog og fysikklærer? Er han "ufarlig"? I tilfelle: På ingen måte, på ingen måte. Han er balansert i vurderinger av naturvitenskap, han er nesten sarkastisk i beskrivelsen av nobelprisvinnere og prisutdelinger, han er menneskelig i sitt syn på naturvitenskapens muligheter.

Noen andre eksempler fra boka håper jeg fungerer som appetittvekker. Om Ohms ligning heter det:

Ja, så förenas i en ekvation
tre män från tidigt 1800 tal,
en italienare, en tysk och en
fransos: il signor Alessandro Volta,
Herr Georg Ohm, monsieur André Ampère.
Et sådant vetenskapligt mini-EU,
spontant, vid pass 200 år tillbaks,
konstituerades med vetenskap
som enda lag. Snart anslöt sig så gott
som varje geografisk region.
Till dess att någon hittar motbevis
så gäller lagarna transnationellt.

Her finnes diskusjoner om Newtons lover, bl.a. med en observasjon fra motorsyklistenes verden og slang:

Det matematiska begreppet för
en hastighetsförändringshastighet
är acceleration. Hos MC-folk
ges bågens "ax" i termer av den tid
det tar från vila upp till 100 knyck –

Og i litteraturen er det nok ikke så vanlig med enkeltord fra fysikken som føyer seg pent inn i en femtaktslinje blankverslinje, som f.eks.

bensinförbränningsmotortekniker

og

partikkelacceleratorerna

i avsnitt om termodynamikk resp. symmetrier.

Kjære fysikkvenn! Kan du utstå svensk i passende doser, så venter det deg en lese- og diktopplevelse rundt hjørnet.

Anders Johnsson

∞

God Jul og Godt Nytt År!

Nye Doktorer

Eivind Almaas

Sivilingeniør Eivind Almaas har tatt graden Doctor of Philosophy in Physics (Ph.D.) ved The Ohio State University (OSU) etter å ha disputert 23. mai 2002 med avhandlingen *Topics in the Theory of Quantum and Classical Networks.*

I mange år har det vært et mål å synkronisere nettverk av Josephson junctions (kvantemekanisk oscillator). Første del av oppgaven var viet studiet og modelleringen av en serie eksperimenter som oppnådde nær teoretisk maksimal synkronisering av disse oscillatorene ved å kople dem til en elektromagnetisk kavitet. Modellen er i stand til å forklare de fleste observasjoner og indikere nye eksperimenter.

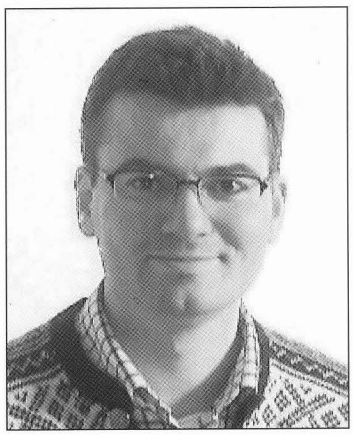
Sosiale-, nærings- og teknologiske nettverk er oftest blitt modellert enten som regulære eller tilfeldige nettverk. Nylig ble det foreslått en klasse nettverksmodeller som interpolerer kontinuerlig mellom disse to ekstreme tilfellene, såkalte "Small World Networks". I andre del av oppgaven utviklet Almaas metoder (analytisk og numerisk) til å studere disse nettverkenes egenskaper og hvordan dynamikken til en virrevandrer på disse nettverkene påvirkes av deres struktur.

Arbeidet ble utført ved Department of Physics, OSU, under veiledning av professor David G. Stroud, og med finansiering fra U.S.-Norway Fulbright Foundation og OSU.

Eivind Almaas ble siv.ing. fra Avdeling for fysikk og matematikk, NTH, i 1995. Han er nå post.doc. ved University of Notre Dame.

∞

Dag W. Breiby



Siv.ing. Dag W. Breiby forsvarte 24. januar 2003 avhandlingen *Ordering and Preferred Orientation in Films of Polymeric Semiconductors* for graden dr.ing. ved NTNU.

Bøyelige, papirtynne TV- og dataskjermer, lasere og dataminner er bruksområder for elektrisk halvledende polymere materialer som kan legges i nanometer-tynne lag med god homogenitet på aktuelle substrater. Det er da viktig å ha kontroll med den molekylære strukturen, og et mål med doktorarbeidet var å oppnå innsikt i den molekylære organiseringa i slike tynne sjikt.

Doktorarbeidet består av sju delarbeid. Ett av dem tar for seg å beskrive ordensgraden på basis av røntgenobservasjoner. De tynneste sjiktene ble oppnådd ved å spre løsninger av materialet på vann. Slike 10-nm tjukke filmer utviser en betydelig grad av sjølorganisering, som også ble påvist når polymerløsninger tørker inn på glass- eller silisiumunderlag. Løsemiddeltype og styrke av gassoverblåsing ble funnet å påvirke sjølorganiseringen.

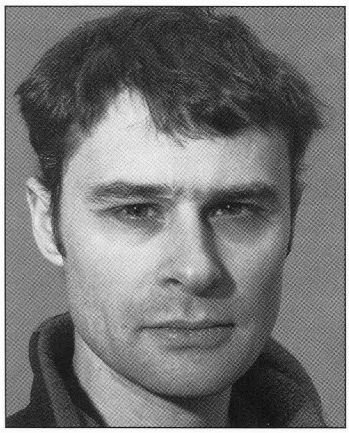
I et annet arbeid ble tynne sjikt deponert elektrokjemisk, studert. Dette er av betydning for avbildingsformål og var støttet av Agfa. Under et Japan-opphold ble de halvledende polymerene studert med elektronspinnresonans. Røntgenspredningsmetoder var viktige hjelpemidler, m.a. ved bruk av synkrotronstråling ved ESRF i Grenoble.

Professor Emil J. Samuelsen var veileder for prosjektet, som var støttet av Norges forskningsråd.

Dag W. Breiby er utdannet siv.ing. fra Fakultet for fysikk, informatikk og matematikk (1999). Han er nå forsker ved Risø-laboratoriet i Roskilde.

∞

Jon Eriksen



Cand.scient. Jon Eriksen forsvarte 11. feb. 2003 avhandlingen *Experimental Design of a Data Acquisition and Control System for a Small-Scale PV-H_2 System* for graden dr.scient. ved Fysisk inst., UiO.

Formålet med dette arbeidet har vært å utvikle og teste et kontrollsystem for et energiforsyningssystem basert på hydrogenteknologi og fornybar energi. Hydrogen regnes som en av de mest lovende energibærerne for fremtiden såfremt en kan finne en egnet lagringsmetode for hydrogenet. En mulig løsning på dette kan være hydridlagring i metaller.

Arbeidet ble utført ved Institutt for energiteknikk (IFE), og fokuserte på metallhydridlageret, brenselcellen og samspillet dem imellom. Denne teknologien krever erfaring med hver enkelt komponent. Kontrollsystemet er derfor utviklet på bakgrunn av erfaringer med komponentenes egenskaper, identifisering av kritiske parametre og en totalvurdering av hele systemet. Testingen var omfattende, og det ble lagt vekt på å utvikle et brukervennlig kontrollsystem basert på standardkomponenter. Et viktig aspekt har vært å samle inn eksperimentelle data til bruk i simuleringsmodeller. Det ble derfor utviklet et PC-basert kontrollsystem med stor kapasitet for databehandling. Det ble avdekket til dels store avvik mellom produsentenes spesifikasjoner og eksperimentelle data. Kombinasjonen av et fleksibelt kontrollsystem basert på eksperimentell erfaring og IFEs simuleringsmodeller, utgjør et unikt verktøy for å optimalisere energisystemer basert på hydrogenteknologi.

Veildere har vært dr. Øystein Ulleberg (IFE) og prof. Finn Ingebretsen (UiO).

∞

Marianne Koritzinsky

Siv.ing. Marianne Koritzinsky forsvarte 4. april avhandlingen *Cellular consequences of hypoxia: Increased radiosensitivity and repressed mRNA translation* for graden dr.scient. ved Fysisk inst., UiO.

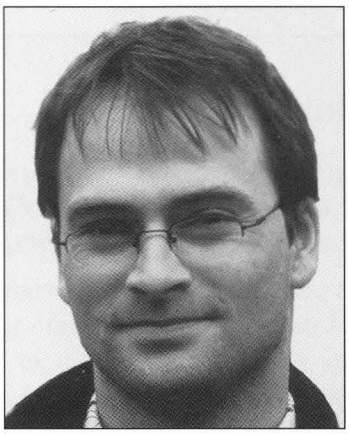
Mange kreftsvulster inneholder celler med liten tilgang på oksygen. Dette skyldes dårlig utviklede blodårer i svulsten og ukontrollert celledeling, og forårsaker mer aggressive kreftceller som sprer seg lett. Samtidig er celler uten oksygen mer resistente mot stråle- og kjemoterapi.

Avhandlingen viser at langvarig oksygenmangel resulterer i at cellene blir mer følsomme for stråling i mange timer når oksygen gjenintroduseres. Dermed kan det være nyttig å bestråle kreftsvulster få timer etter re-introdusering av oksygen. Avhandlingen viser også at proteinsyntese er hemmet i celler som mangler oksygen, og dette bidrar til å endre spekteret av aktive gener i cellene. Proteinsyntese hemmes via to forskjellige mekanismer, og involverer inaktivering av to faktorer, eIF2α og eIF4F, som er essensielle for å produsere proteiner. Hemming av proteinsyntese under oksygenmangel er trolig en forsvarsmekanisme som fører til at cellene sparer energi og kun produserer proteiner som er viktige for tilpasning til lav tilgjengelighet på oksygen. Dermed utgjør eIF2α og eIF4F potensielle mål i fremtidig kreftbehandling, da kreftcellene er avhengige av disse for å overleve oksygenmangel.

Arbeidet ble utført ved Det Norske Radiumhospital, Universitetet i Oslo, McGill University (Montreal, Canada) og University of Maastricht (Nederland). Både normale celler og celler fra livmorhalskreft ble studert, og forskjellige proteiners aktivitet og vekselvirkninger ble undersøkt. Veileder har vært professor Erik O. Pettersen.

∞

Jan Petter Mæhlen



Cand.scient. Jan Petter Mæhlen forsvarte 16. mai avhandlingen *Hydrogen storage properties of carbon nanomaterials and carbon containing metal hydrides* for graden dr.scient. ved Fysisk inst., UiO.

Økt energietterspørsel og tømming av lagrene for fossilt brensel øker behovet for alternative energikilder. Et mulig fremtidig scenario er da: Energi produseres fra en fornybar kilde, omformes til hydrogen (f.eks. ved elektrolyse av vann) som lagres i en tank og omformes ved behov til elektrisk energi vha. en brenselscelle. Dette vil så og si ikke gi negative virkninger på miljøet. Men lagring av hydrogen er vanskelig, og flere alternativer er i søkelyset, deriblant lagring i metaller, såkalte metallhydrider, hvor hydrogenatomene er bundet inne mellom metallatomene, og karbonmaterialer hvor hydrogenmolekyler er bundet til overflaten. Flere omdiskuterte resultater som tyder på at karbon ordnet på nanometernivå har en økt hydrogenlagringskapasitet, er i den senere tid blitt publisert.

Doktorgradsarbeidet omhandler eksperimentelle studier av forskjellige karbonholdige materialer med fokus på deres lagringsevne for hydrogen. Både metallhydrider og karbonnanomaterialer er studert, og det er påvist en klar sammenheng mellom hydrogenopptak, stabilitet og hydrogen-karbonvekselvirkninger i metallhydrider som i tillegg til metaller også er tilsatt karbon. Eksperimenter utført på karbonnanorør har vist at deres hydrogenlagringsevne ikke møter de krav bilindustrien har satt.

Arbeidet er utført ved Institutt for energiteknikk, Kjeller, Senter for materialvitenskap, UiO, og ved ESRF i Grenoble. Veiledere har vært Arne T. Skjeltorp, Bjørn C. Hauback og V.A. Yartys.

∞

Kari Schjølberg-Henriksen

Siv.ing. Kari Schjølberg-Henriksen forsvarte 28. februar sin avhandling *Degradation of SiO_2 caused by anodic and plasma activated wafer bonding* for graden dr.scient. ved Fysisk institutt, UiO.

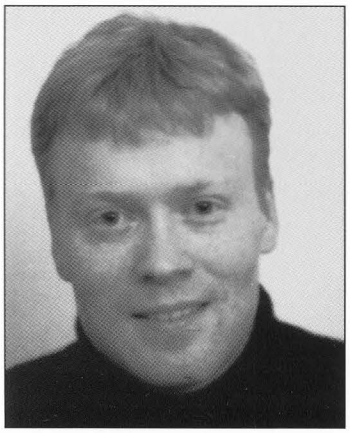
Prosjektet omhandler innpakning av mikroskopiske sensorer av silisium integrert med elektronikk. Mikrosystemer kommuniserer med omverdenen ved hjelp av en elektronisk krets som også er laget i silisium. Enda mindre og bedre sensorer og aktuatorer, kan lages ved at kretsen og mikrosystemet lages i samme silisiumbit, et "integrert mikrosystem".

Doktoranden har studert hvordan integrerte mikrosystemer kan produseres, og spesielt hvordan de kan innkapsles enkelt og billig uten at elektronikken tar skade. To typer innkapsling er undersøkt, anodisk og plasmaaktivert skivebonding, og effekter på elektronikken ble målt. Det ble konstantert at silisiumoksidet (SiO_2) ble elektrisk ladet som følge av både plasmaaktivert og anodisk skivebonding. I tillegg medførte anodisk bonding forurensninger av natrium i SiO_2. Ladningene og forurensningen skader elektronikken, men skadene fra anodisk bonding kan unngås ved å legge en beskyttelsesfilm av Si_3N_4 (nitrid) oppå elektronikken, samtidig som man sørger for at det elektriske feltet over SiO_2 er mindre enn ca. $1 \cdot 10^5$ Vcm^{-1} mens man bonder. Skader av plasmaaktiveringen kan repareres ved å varme opp silisiumskiven til ca. 400 °C i en atmosfære av nitrogen og hydrogen.

Arbeidet ble utført på Fysisk institutt ved UiO, SINTEF i Oslo, SensoNor i Horten, og på Centro Nacional de Microelectronica i Barcelona. Veiledere har vært seniorforsker Geir Uri Jensen (SINTEF), førsteaman. II og seniorforsker Anders B. Hanneborg (Fysisk inst. UiO og SINTEF EKI) og forsker Henrik Jakobsen (Sensonor).

∞

Hans Magne Ådland



Sivilingeniør Hans Magne Ådland forsvarte 31. januar i år avhandlinga *Rotational diffusion processes in segmented polymers. Theory and computer simulations,* for graden dr.ing. ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

Polymerer er viktige byggesteiner i alt liv. Proteiner og DNA-molekylet er eksempler. En polymer er et svært stort molekyl som består av tusenvis eller millioner av atomer. En rekke av egenskapene til polymerene er imidlertid ikke avhengige av den atomære strukturen, men av polymerens form og stivhet.

Ved Institutt for fysikk, NTNU, er det gjort et stort arbeid for å karakterisere proteinene som gir struktur til cellemembranen i menneskelige celler. Bedre kjennskap til disse proteinene, og til nettverk de danner, kan gi viktig kunnskap om cellenes biologi. Men til nå har det ikke eksistert et tilstrekkelig teoretisk grunnlag for å relatere eksperimentelle resultater til proteinenes egenskaper.

Gjennom teoretiske studier og datamaskinsimuleringer har Ådland videreutviklet grunnlaget for å fortolke slike eksperimenter. Hovedinnholdet i avhandlinga er nettopp ulike aspekter av slike tolkninger. Både matematiske tilnærmelser, teoretisk fysikk og tunge datamaskinsimuleringer er brukt i arbeidet. Dette har bidratt til å videreutvikle simuleringsteknikker som gjør det mulig å tolke eksperimentelle data betydelig bedre enn før for polymerer som har viktige biologiske funksjoner. Disse teknikkene kan også brukes til å studere andre polymersystemer, f.eks. olje og plast.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med professor Arne Mikkelsen som veileder. Arbeidet er også finansiert av Institutt for fysikk.

∞

Nytt fra NFS

Biofysikkmøtet 2004

Styret i Faggruppe for Biofysikk i Norsk Fysisk Selskap ønsker velkommen til et nytt biofysikkmøte på *Kongsvold Fjeldstue, 17-19. mars 2004.*

Formatet på møtet blir som forrige gang:
Start midt på dagen onsdag 17. mars (etter at morgentogene fra Oslo og Trondheim er kommet vel fram) og avslutning ved lunsjtider på fredag. Som før vil det bli en blanding av inviterte og påmeldte foredrag samt posterfremvisning. Dessuten vil det bli satt av tid til fjellturer.

Inviterte foredragsholdere inkluderer:

- Ralf Metzler, NORDITA: *Bubbles in DNA.*
- Simon R. Schultz, UC, London: *Two-photon imaging of neutral activity in cortex.*
- Mikael Lindgren, NTNU: *Spectroscopic studies of biological macromolecules.*
- Anders Johnsson, NTNU: *Experimental and theoretical studies of oscillations in the transpiration of plants.*

Dessuten blir det et festforedrag om lys av årets birkelandprisvinner, Johan Moan fra Radiumhospitalet.

Priser per døgn, inkludert full kost og losji:
Alene på dobbeltrom: 1240 kr.
To på dobbeltrom: 1045 kr.
Studenter på dobbeltrom: 995 kr.

Hovedfagsstudenter vil kunne få støtte til reise og opphold. (Siden disse midlene er begrenset, er det fint hvis forskningsgrupper i størst mulig grad kan bidra til å sponse sine studenter.)

Detaljert informasjon om påmelding og innsending av abstrakt finnes på møtets hjemmeside:
http://arken.nlh.no/~itfgev/biofysikk2004/

Hvis du har spørsmål, send en e-post til Gaute.Einevoll@nlh.no .

Hilsen
Gaute Einevoll

∞

FYSIKERMØTET 2003

Fysikermøtet ble i år arrangert av Fysisk institutt, UiO, 9-12. august, og ble holdt på Sundvolden Hotell i Buskerud. Møtet ble holdt i det nye formatet (første gang brukt i Trondheim i 2001) der man legger vekt på å involvere faggruppene mye sterkere enn tidligere i planlegging og gjennomføring av møtet. Målet er på sikt at faggruppedelene av møtet skal være reelle faggruppemøter med egne inviterte foredragsholdere på høyde med de tradisjonelle vinter/sommer- møtene. På toppen av det hele ønsker vi gode plenumsforedrag, gode debatter og mange sosiale tiltak. Nytt av året var at Fysikklærerforeningen hadde lagt sin konferanse sammen med Fysikermøtet. Årets møte hadde drøyt 200 påmeldte.

Plenumsforedrag

Plenumsforedragene er en viktig del av Fysikermøtet, og i år var det foredrag av en rekke sentrale personer i fysikermiljøet:

- Tom Henning Johansen (Fysisk institutt, UiO): *Magneto-Optical Imaging: Looking at Superconductors with "Magnetic Glasses"*
- Anders Isnes (ILS, UiO): *Fysikkfagets framtid i skolen*
- Reinders Duit (Institute of Science Education, University of Kiel): *Improving physics teaching – key challenges for physics education research and development*
- William A. Bernhard (Dept. Biochemistry & Biophysics, University of Rochester): *Is DNA a molecular wire and why it matters*
- Thormod Henriksen (Fysisk institutt, UiO): *Jubileumsforedrag*
- Ove Havnes (Fysisk institutt, UiTø): *The new state of matter*
- David N. MacLennan (The Orchard): *Fisheries Acoustics – theory and practice*
- Øystein Elgarøy (Institutt for astrofysikk, UiO): *From elementary particles to galaxies*
- Eugene Polzik (Institut for Fysik og Astronomi, Universitetet i Århus): *Atomic Entanglement and Teleportation on a grand scale*

Dette representerte et usedvanlig bredt spekter av fysikken og ga oss alle nye impulser og ideer.

Debatt

Debatten hadde tittelen: *"Er naturvitenskap også kultur?"* Deltakere var Per Egil Hegge (Aftenposten), Dag O. Hessen (Biologisk institutt, UiO), Kjetil Bang-Hansen (teatersjef) og Alv Egeland (Fysisk institutt, UiO). Debatten ble ledet av Erik Tunstad (redaktør forskning.no). Med disse personene ble det en uvanlig vid debatt der man diskuterte fysikkens stilling i det norske samfunnet, mediadekning av forskning generelt, og ikke minst viktigheten av å være synlig i samfunnsdebatten.

Foredrag i faggruppesesjoner

De siste tre årene har man lagt vekt på å invitere deltakerne til å holde foredrag om sitt arbeid. I år ble det holdt 90 foredrag, og 18 postere ble presentert. En kvinnelig og en mannlig studentforedragsholder /posteransvarlig ble trukket ut til å få dra på en fagig konferanse. De utvalgte ble Eileen Nugent, UiB, og Jens Ivar Jørdre, UiB.

Priser

Undervisningsprisen ble tildelt *Bjørn Bjørneng* for sitt bidrag til å styrke fysikkundervisningen i norsk skole. Han har vært en inspirator, og har fremmet fysikkfaget på alle nivå i utdanningssystemet – fra barnehage til universitet. Gjennom utarbeiding og gjennomføring av mer enn 100 kurs nasjonalt og internasjonalt, har prisvinneren bidratt til skolering av fysikklærere.

Simrad Optronics pris i elektro-optikk ble tildelt *Gunnar Arisholm* for sin forskning på metoder (optiske parametriske oscillatorer) for å fremstille nye bølgelengder fra laserlys.

Norsk Hydros Birkelandpris i fysikk ble tildelt *Johan Moan*. Lyset har vært hovedtemaet i Moans forskning. Han har utført en rekke pionerstudier av lysets virkning på biologiske og fysiske systemer. Han er internasjonalt anerkjent som en av grunnleggerne av fotodynamisk kreftbehandling der man bruker kombinasjonen av kjemiske forbindelser og lys for behandling. Det samme gjelder aksjonsspektroskopi for å finne viktige biologiske fargestoffer og kartlegge deres oppførsel. Diagnostikk av kreft og andre sykdommer med lys, er et annet sentralt tema i hans arbeider.

Prisvinnerne holdt glimrende foredrag og ble behørig hyllet. For mer informasjon se Internett: *http://www.norskfysikk.no/nfs/priser/prisvinnere.htm*

Årsmøtet

Årsmøtet i NFS ble avholdt mandag 11. august. Referat fra årsmøtet finnes på Internett: *http://www.norskfysikk.no/nfs/aarsmote/2003/referataarsmote03.htm*

Avtroppende president Steinar Stapnes overrekker mikrofonen til påtroppende president Anne Borg.

Erfaringer

Møtet var det mest omfattende og vellykkede noen kunne huske. Formatet med store fysikermøter utenfor instituttene, med sterk medvirkning fra lærerne, et omfattende sosialt program, og med vektlegging av mange studentforedrag, fungerte meget bra. Plenumsforedragene var igjen av topp kvalitet og debatten usedvanlig interessant. Og ikke minst er det positivt at faggruppene bruker Fysikermøtet mer og mer som et viktig fagmøte. Dette vil vi prøve å styrke ennå mer.

Neste år vil det bli et mindre Fysikermøte i juni der styret, faggruppestyrene og spesielt inviterte møtes på NLH på Ås, for en gjennomgang av NFSs arbeid, og ikke minst møte fysikkmiljøet der. I Fysikkåret 2005 blir det igjen et stort møte i Bergen, og da bør målsettingen være å slå alle rekorder for deltakelse.

Vi som deltok på Sundvolden ønsker å takke arrangørkomiteen ved UiO, faggruppene og særlig leder Jøran Moen, for en meget stor innsats og et flott program.

Steinar Stapnes

∞

Nye medlemmer 10. mars 2003

Gunnar Arisholm
FFI-E, Pb. 25, 2027 Kjeller

Magnar Berg
Molde vgs., Øvre vei 23, 6413 Molde

Siri N. Fjeldsenden Aker
Øvre Frydendal 82, 1384 Asker

Sean Erik Foss
Fysisk institutt, UiO, Pb. 1048 Blindern, 0316 Oslo

Rolf Arthur Gabrielsen
Fredrik II vgs., Fredrikstad

Nils Ivar Huse
Lørenskog vgs., 1473 Lørenskog

Magnus W. Haakenstad
Institutt for fysikalsk elektronikk, NTNU, 7491 Trondheim

Jørn Tore Haanshus
Inderøy vgs., 7670 Inderøy

Ivar Kjelberg
Rue Jaquet-Droz 1, CH-2007 Neuchãtel, Sveits

Torbjørn Kringstad
Molde vgs., Øvre vei 23, 6413 Molde

Bjarne Lunde
Tysnes skole, 5680 Tysnes

Eirik Malinen
Fysisk institutt, UiO, Pb. 1048 Blindern, 0316 Oslo

Jonn Moldskred
Alta vgs. Skolevn. 15, 9500 Alta

Kjell Myrland
Alta vgs., 9509 Alta

Per M. Pedersen
Romsdal vgs., 6400 Molde

Bjørn Halvard Samset
Fysisk institutt, UiO, Pb. 1048 Blindern, 0316 Oslo

Liselotte K. Schmitz
Institutt for tekniske fag, NLH, 1432 Ås

Harald Skjold
Dahlske vgs, Grimstad

Stein Olav Skrøvseth
Institutt for fysikk, NTNU, 7491 Trondheim

Vegard Strengen
Vangsjordet 30, 1811 Askim

Tore Watterdal
Nøtterøy vgs., Pb. 24, 3163 Borgheim

Henning Wernøe
Rosenvegen 14, 2322 Ridabu

Nye medlemmer 19. mai 2003

Gaute Hagen
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen

Nils Erland Leinebø Haugen
Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim

Joakim Hove
BCCS/Parallab, Institutt for informatikk, Univ. i Bergen

Alastair David Jenkins
BCCR, Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen

Niklas Karlsen
Lunden 11 B, Oslo

Hugo Larsen
Andøy vgs., Andenes

Helge Lian
Nordstrand vgs., Oslo

Eystein Poulsen
Re vgs., Ramnes

Anne Elisabeth Scheen
Nesbru vgs., Nesbru

Aksel Straume
Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim

Rune Søndenå
Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim

Cathrine Wahlstrøm Tellefsen
Asker vgs., Asker

Henning Tveit
Oppdal vgs., Oppdal

Walther Åsen
FFI, Kjeller Rosenvegen 14, 2322 Ridabu

Nye medlemmer 3. nov. 2003

Andreas Bentzen
IFE/Universitetet I Oslo

Olav Bråtveit Holm
Kvitsund gymnas, Kvitseid

Hans Inge Holtet
Oslo

Håkon Kaya
ITS – Gebouw B, Universiteit van Amsterdam

Mikael Lindgren
Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim

Robert Pehrson
Valler vgs., Sandvika

Are Strandlie
Høgskolen i Gjøvik

Yngve Svensen
St. Olav vgs., Stavanger

Ole Petter Talgø
NTNU, Trondheim

Susanne Vifers
Fysisk institutt, UiO

∞

Trim i FFV

FFVT 4/03

Å todele en bit rutepapir med saks
Vi har et kvadrat med areal 10 x 10, og et rektangel med areal 1 x 8. Kvadratet skal deles i to slik at de tre delene kan fylle et rektangel med areal 9 x 12.

Løsning FFVT 1/03

Lunter som klokke
Oppgaven gikk ut på å bruke to lunter som hver ville brenne én time, men med ujevn fart, til å måle lengden av en skoletime på 45 minutter.

Vi tenner da først på tre lunteender. Når den ene lunta er utbrent, er det gått en halv time. Da tennes den fjerde lunteenden. Når denne lunta slukner, er det gått 45 minutter.

∞

Forskaren *skal* formidla!

Absolutt all forsking kan i prinsippet formidlast til folk flest, og alle forskarar har ei lovpålagt plikt til å formidla utover sitt eige fagmiljø. Uansett om dei likar det eller ei, er forskarar nøydde til å forhalda seg til mekanismane i det moderne samfunnet, seier informasjonsdirektør Paal Alme i Noregs forskingsråd.

FORSKERFORUM 3/98

∞

B-BLAD

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

Retningslinjer for forfattere

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Steinar Stapnes
Fysisk inst., Univ. Oslo.
E-post: steinar.stapnes@fys.uio.no

Visepresident:
Professor Anne Borg
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.

Styremedlemmer:
Professor Gaute Einevoll
Inst. for tekniske fag, NLH, Ås.
Professor Eirik G. Flekkøy
Fysisk inst., Univ. Oslo.
Professor Ola Hunderi
Inst. for fysikk, NTNU.
Førsteaman. Anders Isnes
ILS, Univ. Oslo.
Professor Jøran Moen
Fysisk inst., Univ. Oslo.
Direktør Jon Samseth
Høgskolestiftelsen på Kjeller.
Professor Jan S. Vaagen
Fysisk inst., Univ. Bergen.

Selskapets sekretær:
Rådgiver Heidi Bruvoll
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 29, Fax.: 22 85 64 22
E-post: heidi.bruvoll@fys.uio.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

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

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

Redaksjonskomité:
Professor Noralv Bjørnå
Inst. for fysikk, Univ. Tromsø.
Professor Per Osland
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.
Førstelektor Ellen Henriksen,
Fysisk inst., Univ. Oslo.

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

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