Fra Fysikkens Verden

Nr. 1 – 1996
58. årgang

Utgiver:
Norske Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

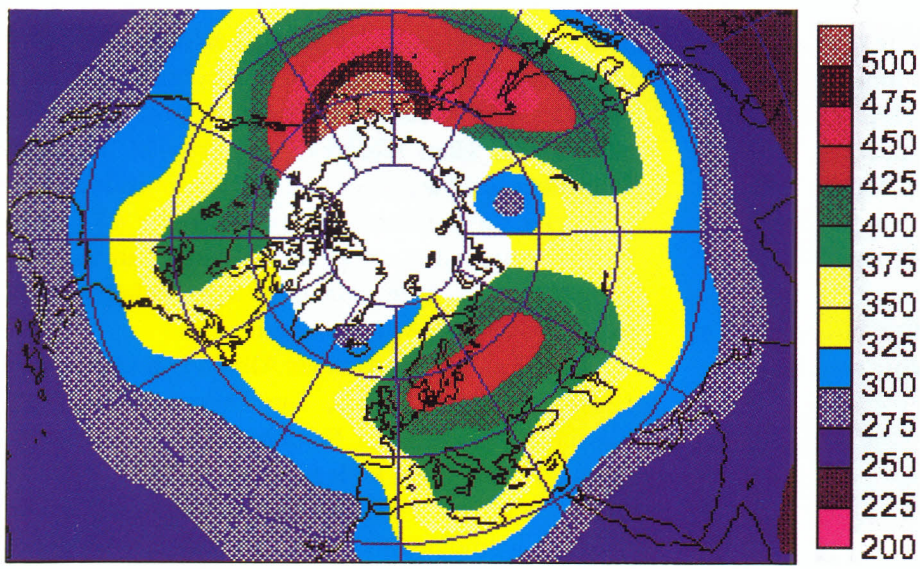
Innhold

Søren Larsen og Åsmund Rabbe:
Ozonforskning gav nobelpris.....5

K. Henriksen, S. Bersås, A. Theodorsen og H. Ørnes:
Bakkenær ozon 10

Olav Steinsvoll:
Fysikken til biomaterialer.....14

Fra Redaktørene.....2
In Memoriam: Hannes Alfvén 2
In Memoriam: Ernest T. S. Walton .4
Indeks 1995.....15
Bokomtale.....22
Konferanse.....24
Trim i FFV.....24
Nye Doktorer 25
Dr.philos. Per Helge Andersen
Dr.ing. Håvard Eidsmoen
Dr.ing. Svein Gjølmesli
Dr.scient. Svein Eirik Aasen
Hva skjer.....27
Fysikkolympiaden
EPS-konferanse i Sevilla
Rondablikkseminaret
Nytt fra NFS 28
Fysikermøtet
Årsmøtet
Nettverk for kvinner i fysikk
NFS og FFV på Internett
Nye medlemmer
Program for Fysikermøtet
Påmelding til Fysikermøtet



Ozonkart for 8. februar 1996. (Se artikkel om ozonforskning.)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

En kan ofte undres over den dypsindige aktualitet som ligger bak våre folkeeventyr. Symbolikken, dramatikken og humoren forenes i en historie som viser oss egenskaper ved oss selv og våre omgivelser som vi ellers kanskje ikke ville se så klart. I ett av de mange eventyr om Askeladden kunne han rope: "Vil du være med så heng på", til nærgående og intetanende tilskuere, med det resultat at de mot sin vilje måtte følge med i opptoget til glede for prinsessa.

Vårt litterære utgangspunkt i dag er inspirert av internasjonalisering av forskningen. Dette står høyt på den forskningspolitiske dagsorden, og intet ondt skal sies om akkurat det, for slik har det i alle fall alltid vært i fysikk. Nå kanaliseres store deler av landets ressurser til forskning gjennom programmer initiert av Den Europeiske Union. Idéen er antakelig den at vi derved skulle være garantert at kvalitet og relevans vil bli godt tatt vare på. Men den gang ei.

Kriteriene for å få gjennomslag for et EU-prosjekt i dag er ikke først og fremst prosjektets faglige innhold, men at selve søknaden er politisk korrekt skrevet og deretter tilsvarende politisk klokt fulgt opp i systemet. Og det er jo slett ikke så enkelt for intetanende og "verdensfjerne" forskere. Vår hjemmeinstitusjon har tatt konsekvensen av dette og "hengt seg på" sin søsterinstitusjon i vest, og innleid profesjonell veiledningstjeneste for lokale søknadsskrivere. Ikke nok med det, det tilbys også veiledning "post mortem"; avslåtte søknader vil, for en pen sum, bli evaluert av utenlandske spesialister. Vi har selv erfart den innleiede krisehjelp; sjansen for å "gjenoppstå fra det døde" er minimale hvis ingen sydeuropeer (syd for Paris) blir inkludert i prosjektet. Derved har vi, sant nok, høstet nyttig lærdom av våre feil, og forhåpentligvis blitt dyktigere EU-søknadskrivere. Vi venter nå bare på at det kommer kurs i EU-søknadsskriving som en del av forskerutdanningen.

Så, kjære alle forskervenner og kolleger, valget er enkelt; vil du være med, så heng på.

∞

In Memoriam

Hannes Alfvén (1908 – 1995)

Hannes Alfvén, nobelprisvinner i fysikk, døde i sitt hjem 2. april 1995, i Stockholm. Med han er en av vårt århundres mest markante vitenskapsmenn, en dristig banebryter, en uredd utfordrer for etablerte autoriteter og en vitenskapsmann med et sterkt etisk ansvar, gått bort.

Han ble født 30. mai 1908 i Norrköping, Sverige. Han gjorde en rask akademisk karriere, tok sin doktorgrad ved Universitetet i Uppsala i en alder av 26 år, og ble senere ansatt som professor i teoretisk elektronikk ved Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm i en alder av 32. Hans vitenskapelige aktivitet ledet hurtig til synlige resultater med opprettelse av både nye professorater og institutter. Hans innflytelse vil i ettertid forbli synlig ved at tre av de institutter han var med å gi opphav til, i 1990 dannet en egen enhet ved KTH under navnet *Alfvén Laboratoriet*.

I 1967 aksepterte Hannes Alfvén et professorat ved University of California, San Diego. Han tilbrakte likevel hver sommer i Stockholm med aktiv vekselvirkning med sine kolleger ved KTH. I 1970 fikk han Nobelprisen i fysikk "for fundamentalt arbeid i magnetohydrodynamikk med fruktbare anvendelser i forskjellige deler av plasmafysikk". Dette var ikke hans eneste vitenskapelige utmerkelse. Han var en av de få med medlemskap både i det amerikanske og det sovjetiske vitenskapsakademi.

Hannes Alfvén var en eksepsjonelt inspirerende og generøs leder for den skare av vitenskapsmenn, ingeniører og studenter som han samlet rundt seg. Som

få andre var han i stand til å spre rundt seg med fruktbare ideer. Undertegnede hadde selv den store glede å oppleve dette under et 3-årig samarbeide i San Diego rundt 1970. Dagens første gjøremål besto gjerne i å diskutere, videreutvikle eller forkaste ideer som var kommet til i løpet av kvelden eller natten.

Alt fra ung alder utgjorde kosmisk fysikk hans hovedinteresse, fra spørsmål om universets og solsystemet opprinnelse, via sol- og magnetosfærefysikk til nordlysets gåter. Hans vitenskapelige hovedprinsipp var at teorier for kosmiske fenomener måtte være i overensstemmelse med resultater fra laboratorieeksperimenter; de samme naturlover som gjelder i våre jordiske omgivelser må gjelde overalt. Hans arbeider er gjennomgående preget av sikker fysisk innsikt og intuisjon mer enn av vidløftige matematiske utledninger. Med sin idérikdom var det bare naturlig at Hannes Alfvén ville være tidlig ute med sine forutsigelser, ofte så tidlig at han skulle møte betydelige problemer med å få sine vitenskapelige bidrag akseptert av kolleger og konkurrenter. Mange er de eksempler på at hans teorier som først ble mistrodd eller tildels latterliggjort av tidens vitenskapelige autoriteter, senere er gått inn som grunnstener i vår kunnskap.

Allerede i 1937, mens han arbeidet med kosmisk stråling, ble han ledet til å foreslå eksistensen av et *galaktisk magnetfelt*. Dette forslaget ble da avfeiet som urealistisk. Først meget senere ble eksistensen av et slikt felt generelt akseptert.

Det samme gjalt hans oppdagelse av "elektromagnetisk–hydrodynamiske bølger" i 1942, i forbindelse med sine studier av solflekker og solflekksykler. Disse bølger, som vi i dag kjenner som *Alfvén-bølger*, ble likeens først generelt akseptert 6 år senere. Noen av hans kritikere hevdet at dersom slike bølger virkelig eksisterte, så ville allerede Maxwell ha oppdaget dem. Enhver introduksjon til plasmafysikk i dag vil være utenkelig uten en innføring i egenskapene til disse bølgene.

Intimt forbundet med Alfvén-bølgene står begrepet om *innefrosne magnetfelter*. I et perfekt elektrisk medium vil magnetfeltet oppføre seg som om det var fastfrosset til mediet. Om mediet strømmer, så vil magnetfeltet trekkes med i denne bevelgelse. Dette begrepet gir opphav til sterkt forenklede måter å tenke på om vekselvirkningene mellom felter og medier, og ble så populært at Alfvén selv senere fant det nødvendig å gå ut og advare mot en ukritisk anvendelse av begrepet, det vil si anvende begrepet uten å sjekke om betingelsene for dets gyldighet faktisk var oppfyllt.

Alfvén var ikke bare opptatt av den makroskopiske beskrivelse av ioniserte mediers oppførsel, han ga også viktige bidrag til vår beskrivelse av elektrisk ladede partiklers bevegelse. Her fører han arven etter professor Carl Störmer videre og over i et annet spor. Mens Störmer og hans studenter møysommelig integrerte likningene for partiklenes spiralleringsbevegelse i gitte magnetiske felter, innså Alfvén karakteristisk nok, hvordan en sterkt forenklet og derfor tilnærmet beskrivelse av partiklenes spiraleringssenter kunne utvikles. Denne *gyrosenter-tilnærmelse* er senere videreutviklet til den adiabatiske teori for partikkelbevegelse i gitte elektriske og magnetiske felter, og representerer i dag et uunværlig hjelpemiddel i hele plasmafysikken. Med sin forenklede teori i hende kunne Alfvén gi den teoretiske begrunnelse for eksistensen av en *ringstrøm* i Jordens magnetfelt – en elektrisk strøm som flyter fra øst mot vest, konsentrert til Jordens ekvatorplan i en typisk avstand på 2 til 4 jordradier.

Andre av hans bidrag til vår forståelse av vårt nære verdensrom, gjelder forutsigelsen av eksistensen av *parallelle elektriske felter*, elektriske felter parallelle med det jordmagnetiske felt, og som kan gi opphav til elektriske dobbeltlag med tilhørende romladningslag i området over ionosfæren. Dette var dristige påstander og på tvers av det vedtatte syn på hva plasmafysikken kunne oppvise ved slutten av 1950-tallet. Slike parallelle elektriske felter bryter med betingelsene for eksistensen av innefrosne magnetiske felter, men gir mulighet for en nedoverrettet akselerasjon av elektroner til store energier og kan derved indirekte bidra til dannelsen av nordlys når disse elektroner senere kolliderer med nøytrale oksygen- og nitrogenatomer og molekyler i den øvre atmosfære. Disse forutsigelser er senere blitt grundig bekreftet gjennom observasjoner fra satelitter og raketter.

En annen av Alfvéns ideer som først ble møtt med skepsis, men som senere ble bekreftet av laboratorieeksperimenter, gjelder vekselvirkningen mellom et ionisert medium og en strømmende nøytral gass. Om en nøytral gass-sky faller inn mot en stjerne og etter hvert oppnår så stor hastighet at den kinetiske energi per partikkel i skyen overstiger ionisasjonsenergien for vedkommende partikkelslag, så vil gassen umiddelbart ioniseres. Skyen vil dermed merke kreftene fra eksisterende magnetfelter i tillegg til gravitasjonskreftene for den nøytrale sky. Dette vil kunne føre til at skyen bremses opp, og om den er massiv nok, i sin tid lede til dannelse av planeter i bestemte avstander fra stjernen. Dette *kritiske hastighetsfenomen* dannet en del av grunnlaget for Alfvéns teorier for dannelsen av solsystemet med sine planeter og satellitter.

Listen over Alfvéns bidrag til vitenskapen kan gjøres meget lengre enn eksemplene nevnt ovenfor.

Hans vitenskapelige interesseområde var således ikke bare begrenset til fenomener i vårt eget solsystem; han var også en aktiv bidragsyter til teorier for universets opprinnelse og utvikling. Om noen av hans mange teorier i dag ikke anses som aktuelle, vil hans ånd for alltid ligge solid innbakt i vår vitenskap. Han var en dristig nytenker med ideer som ofte bare motvillig ble akseptert. Historien vil fortelle om at noen av hans ideer som i dag er kontroversielle, i morgen vil være aksepterte.

Alfvéns forfatterskap omfatter flere bøker. Hans "Cosmical Electrodynamics" (Oxford Clarendon Press), med førsteutgave i 1950, står med rette som en klassiker innen plasmafysikken. Hans synspunkter om solsystemets dannelse og utvikling finnes i "On the Origin of the Solar System" (Oxford Claendon Press, 1954) og i "Evolution of the Solar System" (NASA SP-345, 1976). Han ga bidrag til den populærvitenskapelige litteratur med bøkene "Atomet–mennesket–universet" og "Verdener og antiverdener" (Cappelens Realbøker, 1964 og 1968).

Men Alfvén var ikke bare opptatt av rent vitenskapelige problemer. Han var også aktiv i forskningsetiske spørsmål. Fra å være tilhenger av atomkraft og rådgiver for den svenske regering i slike spørsmål, engasjerte han seg fra rundt 1970 sterkt mot utbygging av slik energi, på grunn av problemene med sikker lagring av avfallsstoffer og de sikkerhetsmessige problemer forbundet med det å hindre radioaktivt materiale fra å falle i uønskede hender, materiale som kunne brukes til produksjon av bomber. Han var aktivt engasjert i arbeidet for atomnedrustning. Han reiser blant annet spørsmålet om i hvilken grad menneskeheten kan stole på de politikere og militære som styrer over de uhyre ødeleggelseskrefter som fagfolkene har fremskaffet gjennom kjernevåpnene. Har ikke disse personer begrensninger i sin egen vurderingsevne, er de ikke påvirket av sin egen mentale helsetilstand eller trykket fra politiske eller økonomiske pressgrupper? Han belyser disse spørsmel i boka "Kjernekraft og atombomber" (Aschehoug, 1977). Interessant er det også i lys av Nobels Fredspris for 1995, at han i flere år på 1970-tallet var president for Pugwash-bevegelsen.

Hannes Alfvén etterlater seg en meget betydelig intellektuell arv, en arv oppbygd gjennom klarsyn og innsikt, modighet og vilje til vitenskapelig kamp, ofte fra en mindretallsposisjon, og ikke minst uinskrenket faglig ærlighet. Det står respekt av mannen og hans livsverk. Minnet om Hannes Alfvén vil forbli levende.

Jan Trulsen

∞

In Memoriam

Ernest T.S. Walton (1903 – 1995)

Professor Ernest Walton, nobelprisvinner i fysikk i 1951, døde 25. juni 1995, nesten 92 år gammel. Han var født 6. oktober 1903, i Dungarvan, en liten fiskerby i Irland, men som metodist-prestesønn måtte han flytte fra by til by minst hvert femte år. I 1920- og 1930-årene, i kjernefysikkens blomstringsperiode, var Walton en av Rutherfords assistenter ved Cavendish-laboratoriet, i Cambridge. På denne tiden sa Rutherford at kjernefysikk, på godt og vondt, aldri ville bli anvendt utenfor laboratoriet.

Ernest Walton studerte ved Trinity College i Dublin, og fikk 1. klasse grader både i fysikk og matematikk. Dertil fikk han gullmedalje i begge emner for utmerkete prestasjoner. Ved Cambridge var han som "1851 Exhibition Commonwealth Student", opptatt med å akselerere partikler til høye energier. Rutherford hadde allerede spaltet kjerner med høyenergetiske partikler fra naturlige radioaktive stoffer, men ønsket seg et mer fleksibelt og kontrollerbart system. Waltons første forsøk gikk ut på å bygge det vi nå kaller en Betatron, men dette førte ikke frem. Idéen måtte vente til Widerøes og Kersts arbeid noen år senere. Da klarte de i samarbeid med engelskmannen J.D. Cockcroft å bygge en likestrøms høyspenningsgenerator ved hjelp av dioder og kapasitanser. Denne kalles nå en Cockcroft–Walton-generator. Kjernens potensialvegg mot inntrengende positivt ladete partikler er typisk av størrelsesorden 10 MV, dvs. at partiklene må ha en energi på minst 10 MeV for å komme inn i kjernen. På denne tiden var også bølgemekanikken i sterk

utvikling. Den viste muligheter for "tunnelling", dvs. at den nødvendige energien for å komme inn i kjernen ikke trengte å være så høy som klassisk teori tilsa.

I 1932 forsøkte Cockcroft og Walton med sin generator på 0,13 MeV, å akselerere protoner med Li-atomer som mål. Jeg tror de prøvde uten at Rutherford kjente til det. Og metoden fungerte! For første gang ble kjernen spaltet med kunstig akselererte partikler. (Rutherford var stor og kunne vanskelig oppholde seg i det trange rommet som de måtte være i for å observere de svake lyspulsene som alfapartikler fra spaltningene sendte ut når de traff en fluorescerende skjerm.)

Walton fortsatte å forske ved Cambridge i noen år. Deretter dro han tilbake til universitetet i Dublin og ble i 1947 professor i Natural Philosophy. Der ble fysikkfaget sterkt preget av ham.

Under krigen (Irland var nøytralt) fortsatte Walton med undervisning og fri forskning, mens hans kolleger fra Rutherfords laboratorium drev forskning som hadde med krigen å gjøre. Walton hadde beskjedne midler til disposisjon, men hadde sans for det utradisjonelle. Jeg studerte under hans veiledning, og kan huske det ble arbeidet med elektriske utladninger i olje for å generere mikrobølger, forbedring av fokuseringsmetoder for ioner og undersøkelse av kjernereaksjoner med ioner med energi på noen kilovolt. Det siste, som var mitt prosjekt, kunne ha blitt svært interessant for fusjonsforskningen dersom vi hadde funnet en økning av tverrsnittet med avtagende energi. Men vi fant ingen økning.

Vi måtte bygge mye av utstyret selv. Jeg husker hvordan vi måtte lage isolerende støtter og avstandsstykker av tre ved koking i olje, vikle en høyspenningstrafo osv. Men om vi måtte benytte "gjør det selv"-metoden, var det råd å få. Det var Waltons stil. Selv om hans bakgrunn var teoretisk orientert, var hans eksperimentelle evner også utmerkete. Den tekniske lederen ved fysikkavdelingen fortalte meg at Walton kunne gjøre alt det han selv kunne, til og med bedre! Jeg kan huske Waltons raske vurdering og anvisning på løsning av et problem med utstyret mitt.

Waltons undervisning var et eksempel på orden og klarhet. Han underviste det mest elementære kurset for medisinske studenter i tillegg til de mest avanserte fysikkursene. Men i forskningen kan jeg allikevel huske hvor skuffet jeg var over mangelen på teori i det arbeidet vi gjorde. I dag ville jeg ha hatt mere forståelse og tålmodighet.

Fred være med hans minne!

Richard J. Armstrong

∞

Ozonforskning gav nobelpris i kjemi

Søren Larsen og Åsmund Rabbe *

Nobelprisen i kjemi, 1995, ble tildelt: Paul Crutzen, Max Planck Institut für Chemie, Mainz, Tyskland; Mario Molina, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences and Department of Chemistry, MIT, Cambridge, Ma., USA; og F. Sherwood Rowland, Department of Chemistry, University of California, Irwine, Ca., USA; for deres arbeider innen atmosfærens kjemi, spesielt vedrørende dannelsen og nedbrytningen av ozonet.

Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Ozonlaget

Ozon, O_3, er en gass som svever fritt omkring i jordens atmosfære. Den fornyes kontinuerlig ved fotokjemiske prosesser i 40 km høyde, men ødelegges igjen av kjemiske og fotokjemiske prosesser lavere nede.

Mengden av ozon som til enhver tid befinner seg i luften over oss, er avhengig av hvor hurtig produksjonen og destruksjonen går. Men den er også avhengig av transport til og fra, slik at ozonmengden som vi måler er en følge av samspillet mellom den meteorologiske sirkulasjon og de fotokjemiske prosesser.

Det er relativt små mengder ozon i atmosfæren. Hvilke mengdeforhold vi har, kan følgende tanke-

eksperiment gi et bilde av: Vi tenker oss en luftsøyle som strekker seg fra bunn til topp av atmosfæren, ca. 100 km opp. All luften i en slik søyle vil få plass i et 8 km langt rør med samme tverrsnitt hvis trykket er konstant og lik en atmosfære (1000 hPa). Alle ozonmolekylene i søylen vil få plass i et sjikt som er 3 til 4 mm tykt. Tykkelsen av dette sjiktet, ozonlaget, brukes som mål for mengden av ozongass i en atmosfæresøyle over oss. Vi angir tykkelsen av ozonlaget i Dobsonenheter, DU, slik at 1 mm svarer til 100 DU.

Ozonmengden i atmosfæren er liten, men den er av vital betydning for de biologiske systemene på jorden siden ozonet absorberer deler av solas UV-stråling som biosystemet må beskyttes mot.

Måling av ozonmengden

De første målinger av ozonmengden i atmosfæren ble utført i Marseille i 1920, av Fabry og Buisson. I 1924 ble det første feltinstrumentet, en spektrograf med kvartsoptikk, lansert. Den var konstruert og bygget av engelskmannen G.M.B. Dobson, mannen som framfor noen må regnes som grunnleggeren av det omfattende nettverket av målestasjoner for atmosfærisk ozon. Senere bygget Dobson et nytt og bedre feltinstrument, et spektrofotometer hvor fotoelektronikken erstattet den fotografiske plate. Det var ferdig i 1928, og ble senere serieprodusert.

Dobsoninstrument måler intensiteten av solas UV-stråling. Ut fra disse målingene regner man seg tilbake til hvor mye ozon strålingen har passert. Forutsetningen er at man kjenner ozonets absorpsjonsevne og intensiteten av solas UV-stråling ved atmosfærens yttergrense. Det er også nødvendig å kjenne ozonets høydeprofil. Inntil 1932 kjente man ikke denne; man antok da at ozonet stort sett lå i en høyde av ca. 50 km. I 1932 klarte Götz, Mutham og Dobson i samarbeid å bestemme ozongassens beliggenhet ved å observere UV-strålingen som ble spredt nedover fra en skyfri himmel. De fant at hovedmengden av ozon lå i området mellom 15 og 35 km, altså mye lavere enn først antatt.

Ozonmengdens variasjon gjennom året

Nettverket av ozoninstrumenter er godt organisert og omfatter ca. 80 Dobson- og 100 Brewerinstrumenter. Brewer er et automatisk instrument som også utnytter ozonets absorpsjon av UV-stråling, men på en mer raffinert måte.

Allerede i 1930-årene ble man klar over at ozonmengden på midlere og høye bredder økte gjennom vinteren. Den avtok utover sommeren og høsten og nådde sitt minimum en måneds tid før vintersolverv. Dette forbauset mange. Det er tross alt solstrålingen som er årsaken til den kontinuerlige nydannelsen av ozonet. Det varte lenge innen man fant fram til en plausibel forklaring på årsvariasjonen. Nøkkelen til forståelsen ligger i den meteorologiske sirkulasjon.

Hvordan ozonet dannes og brytes ned

I 1930 lanserte Sydney Chapman sin fotokjemiske teori om ozon. Han betraktet bare oksygen som reaktant.

$$O_2 + h\nu \rightarrow O + O \quad (\lambda < 242\ nm)$$

$$O + O_2 + M \rightarrow M + O_3$$

UV-stråling med bølgelengde < 242 nm, spalter oksygenmolekyler i frie atomer. Disse reagerer umiddelbart i et trepartikkelstøt med oksygenmolekyler og danner ozon. Prosessen krever en støtpartner, f.eks. et nitrogenmolekyl.

Neste steg er:

$$O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O \quad (\lambda < 330\ nm)$$

$$O + O_3 \rightarrow O_2 + O_2$$

Ozonet brytes ned ved stråling!

Chapmans fotokjemiske teori var mer av kvalitativ karakter. Men han kunne si at ozonkonsentrasjonen ville synke raskt over det nivå i atmosfæren der konsentrasjonen var størst. Variasjonen av ozonmengden gjennom året måtte skyldes at reaksjonshastighetene i produksjon og nedbrytning endret seg med temperaturen i stratosfæren, mente Chapman.

Flere forskere ga seg nå i kast med å sette de kjemiske prosesser i atmosfæren i system, og det ble publisert en rekke arbeider i årene 1931 til 1937. Hans Dütsch, Zürich, bygget fortsatt på Chapmans prosesslikninger i sin doktoravhandling i 1946, men betraktet ozon med lang levetid som et viktig element som vil bli transportert fra sted til sted av vinder i høyder der fotokjemisk likevekt *ikke* eksisterer. I 35–40 km høyde har vi fotokjemisk likevekt. Lavere nede er ozonet mer beskyttet mot nedbrytning av stråling, men vi vil fortsatt ha prosessen

$$O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O \quad (\lambda > 330\ nm).$$

Lys av bølgelengde > 330 nm, vil nå langt ned i atmosfæren. Men der blir det også lettere adgang til O_2. Resultatet blir at ozonmengden bevares og reduseres ikke av stråling. Dette var en radikal innfallsvinkel som fikk stor betydning i arbeidet med atmosfæremodeller. Utviklingen skjøt for alvor fart i 1950-årene med utnyttelse av datateknologi.

Chapmans prosesser representerer 20–30 % av ozonnedbrytingen på global basis, ifølge Harold S. Johnston. I 1960-årene viste Nicolet, Hunt og andre, at de frie radikaler H, HO og HOO, bryter ned ozonet ved katalytiske prosesser, f.eks.:

$$O_3 + H \rightarrow O_2 + HO$$

$$HO + O \rightarrow H + O_2$$

Netto:

$$O_3 + O \rightarrow O_2 + O_2$$

Nedbrytningen blir meget effektiv ved at H ikke forbrukes under prosessen. De frie radikaler, HO_x, er imidlertid ansvarlige for bare 10–20 % av destruksjonen, men reaksjonshastighetene er svært usikre.

En av årets nobelprisvinnere, *Paul Crutzen*, prøvde som ung student å forklare hvorfor man observerte mindre ozon enn man beregnet. At ozonet ble ødelagt ved stråling og katalytiske reaksjoner med hydrogenradikalene H, OH og HO_2, mente Crutzen ikke kunne forklare alt. Han hadde mistanke om andre katalytiske reaksjoner hvor nitrogenoksidene NO og NO_2 (NO_x) var involvert, og studerte målinger av HNO_3 i stratosfæren. Av disse kunne han beregne forekomsten av NO_x. I 1970 viste han at med en bestemt mengde NO_x i stratosfæren, kunne man forklare nedbrytningen av ozonet. De involverte reaksjonene var:

$$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$$

$$NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$$

NO forbrukes ikke. Men spørsmålet var nå hvordan NO_x kan opptre i stratosfæren. Crutzen mente at N_2O, som dannes av bakterier i bakken og i vann, og som er en stabil, inaktiv gass, vil kunne diffundere opp gjennom hele troposfæren og inn i stratosfæren. Der vil UV-strålingen fra sola ha dannet eksiterte oksygenatomer, $O^x = O(^1D)$, som reagerer med N_2O:

$$N_2O + O^x \rightarrow 2NO$$

$$O_3 + h\nu\ (\lambda < 310\ nm) \rightarrow O^x + O_2$$

Dette resonnementet var en ny og radikal innfallsvinkel som var lett å godta. Resonnementet får anvendelse i forbindelse med transport av potensielle klorradikaler bundet til klor-fluor-karboner.

Nedbrytningen av ozon ved katalytiske reaksjoner med NO_x, er meget effektiv. H.S. Johnston regner med at nitrogenoksidene kan være ansvarlige for mer enn 50 % av nedbrytningen. Reaksjonene med NO_x fikk spesiell aktualitet da det viste seg at overlydsfly produserer NO_x i store mengder, og de flyr i høyder der ozongassen svever.

Paul Crutzen og andres dokumentasjon av nitrogenoksiders reaksjoner med ozon, kom i 1970-årene. På den tiden forelå det omfattende analyser av ozonmengdens variasjon og langtidsendring over den nordlige halvkule. Disse viser en svak nedgang i ozonmengden i slutten av 1950-årene. Så kommer en jevn økning fra 1960 til 1970, og til slutt en utflating gjennom første del av 1970-årene. I 1975 lanserte de to andre nobelprisvinnerne, *Molina og Rowland*, følgende postulat: *For klor-fluor-karboner finnes det intet sluk i troposfæren.*

Klor-fluor-karboner (KFK-gasser) er uvanlig stabile kjemiske forbindelser som har fått meget stor anvendelse. De er ikke giftige, ikke brennbare og eksploderer ikke. De anvendes som kjølemedium i frysе- og kjøleanlegg, som isolasjonsmateriale, og de brukes i renseanlegg. De reagerer ikke med sine omgivelser og selv brytes de ikke ned. Når gassene slippes ut, og ut kommer de før eller senere, da vil de bli værende i luften. Etter hvert diffunderer de høyere og høyere opp og når, etter noen år, stratosfæren. Der er strålingen fra sola så sterk at KFK-molekylene spaltes. Resultatet blir at vi får fritt klor som reagerer med ozon:

$$O_3 + Cl \rightarrow ClO + O_2$$

$$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$$

Igjen en effektiv katalytisk syklus hvor kloret ikke forbrukes.

Vi har bestandig hatt naturlige kilder for klor, f.eks. metylklorid (CH_3Cl) som dannes i havet. Noe metylklorid når stratosfæren hvor strålingen fra sola frigjør klor. Ifølge Molina–Rowland-postulatet, får vi en ny og menneskeskapt kilde i produksjonen av KFK-gasser, og man har målt stigende konsentrasjon av slike gasser i atmosfæren. Det ser ut som om gassene fordeler seg globalt i stratosfæren uavhengig av hvor utslippene finner sted.

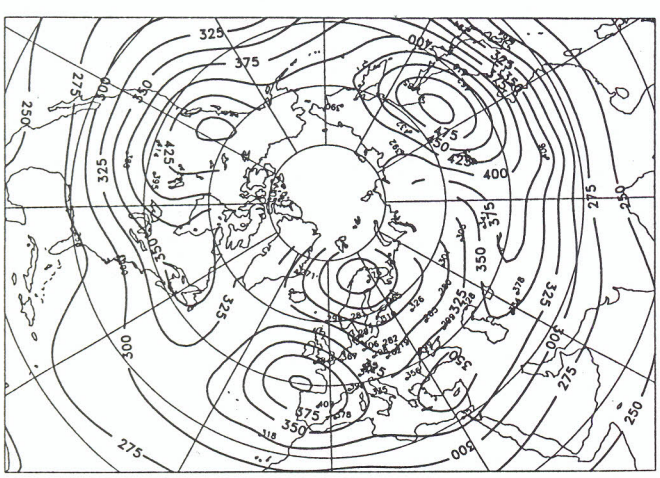
Ozonovervåkningen skjer ved hjelp av instrumenter på bakken, i ballonger og i polare satellitter. Disse gir

data som beskriver mengde og fordeling av ozon til enhver tid.

Den meteorologiske sirkulasjonen spiller en avgjørende rolle for ozonfordelingen i atmosfæren. Over det antarktiske kontinent, hvor det er liten meteorologisk sirkulasjon om vinteren, vil temperaturen synke til meget lave verdier, slik at det dannes polare stratosfæreskyer. Når sola kommer tilbake om våren, vil disse skyene skape betingelser for en kjemisk nedbrytning av ozonet ved frigitte klorradikaler.

På den nordlige halvkule er luftsirkulasjonen mer aktiv. Her vil det også kunne danne seg lave temperaturer i stratosfæren, men disse er kortvarige. Det vi har sett av ozonnedgang i løpet av de siste 15–20 årene på den nordlige halvkule, kan delvis skyldes en forsterket sirkulasjon i Atlanterhavet og i Stillehavet. Dette medfører en løfting av ozonlaget i den nedre del av stratosfæren, slik at totalverdien av ozon blir redusert.

Figur 1 viser fordelingen av atmosfærisk ozon over nordområdene den 23. januar 1996. Observasjonsdata fra bakke- og satellittinstrumenter blir mottatt og bearbeidet ved universitetet i Tessalonike, hvor det lages et slikt ozonkart for hver dag. Vi kan se at det var målt 281 DU i Oslo denne dagen; men den 8. februar ble det målt hele 430 DU. Denne økningen må skyldes dynamiske prosesser i atmosfæren.



Figur 1. Kartet viser ozonfordelingen over den nordlige del av kloden, gitt i dobsonenheter (DU), den 23. januar 1996. Vi ser at det var et minimum på 225 DU over Nord-Skandinavia mens det samtidig var store maksima over Sibir (500 DU), Alaska (450 DU) og Biscaya (400 DU).

Ozonhullet

Navnet "ozonhull" ble skapt av media, og brukes ikke seriøst i vitenskapelig litteratur. Ikke desto mindre er det som skjer med ozonet i atmosfæren over Antarktis både overraskende og dramatisk. De første ozonmålingene der ble utført i september 1956, med et Dobsoninstrument ved den engelske stasjonen Halley Bay på 75° sydlig bredde. På denne tiden var Dobson selv i full vigør, og han ventet spent på dataene derfra. Man regnet det som sannsynlig at ozonverdiene ville følge samme årlige gang i Antarktis som i Arktis, bare 6 måneder forskjøvet. Men slik var det ikke. (Som forventede ozonverdier benyttet Dobson verdier målt i Longyearbyen fra 1950 av.) Det viste seg at både september- og oktoberverdiene fra Antarktis var langt lavere enn de tilsvarende arktiske vinter/vårverdier. Dobson ble overrasket og var redd for at noe hadde skjedd med instrumentet under transporten. Men så endelig, ut i november, økte ozonmengden plutselig og nådde verdier som svarte til de arktiske.

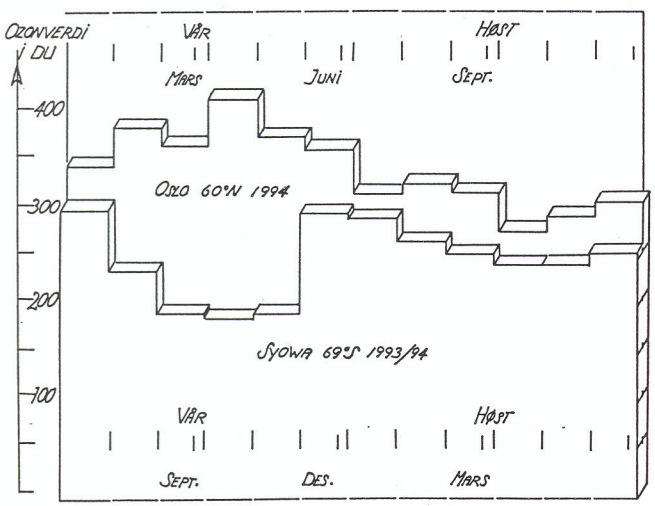
Forholdene i Antarktis er helt spesielle. Den forklaring Dobson ga på de forhold som syntes å herske der, ble knyttet til vintervirvelen, eller syklonen, over det antarktiske kontinent. Den er meget stabil og holdes ved like langt ut i vårmånedene (september, oktober) og hindrer utveksling med ozonrik luft fra tropiske strøk. Først når virvelen bryter sammen, vil det bli transport av ozon inn over Antarktis.

Dobsons engasjement i 1956–58 var knyttet til Det internasjonale geofysiske år, et globalt samarbeidsprosjekt innen atmosfære- og den faste jords fysikk. Antarktis ble et interessant område. Den vitenskapelige aktiviteten økte, og flere målestasjoner for ozon ble opprettet. I de neste 20 år fant man det samme – et tynt ozonlag i den antarktiske vinter og vår. Men så oppdaget flere forskere at en utvikling var i gang. Farman, spesielt, fastslo at fra 1978–79 av ble ozonlaget enda tynnere i månedene september, oktober og november, enn det hadde vært tidligere. Ozonet i atmosfæren var blitt tynnet ut og var nesten blitt borte i høydeområdet mellom 18 og 20 km.

Bekymringen hos både leg og lærd, vokste etter at det ble kjent at British Antarctic Survey målte ozonverdier i oktober 1984 som bare var halvparten av hva de hadde vært i begynnelsen av 1970-årene. Og siden 1984 har ozonfortynningen i Antarktis økt ytterligere. Hva skjedde egentlig?

Klorradikaler, som eventuelt hadde KFK-gasser som kilder, ville ikke kunne gi en nedbrytning av et slikt omfang. Svaret lå i kjemiske reaksjoner som blir påskyndet av polare stratosfæriske skyer som dannes gjennom den antarktiske vinter. Diatomisk klor, Cl_2, dannes og frigjøres fra klorreservoarene av saltsyre og klornitrat (HCl og $ClONO_2$) i katalytiske reaksjoner. Det er iskrystallene i de polare stratosfæriske skyene som får disse reaksjonene til å gå. Når sola er tilbake

etter vinteren, vil solstrålingen spalte klormolekylene i frie atomer som angriper ozonet. Figur 2 viser hvordan ozonmengden over Oslo varierte i 1994 sammenliknet med målingene av ozon over Syowa, en japansk stasjon i Antarktis. Vi ser en markant nedgang i ozonverdien i Antarktis i august og september. Den går mot en minimum i oktober/november før den øker og når normale verdier igjen rundt sommersolhverv i desember. (Det var forøvrig en japaner, S. Chubachi, som først rapporterte om den særegne ozonfortynningen i Antarktis våren 1983.)



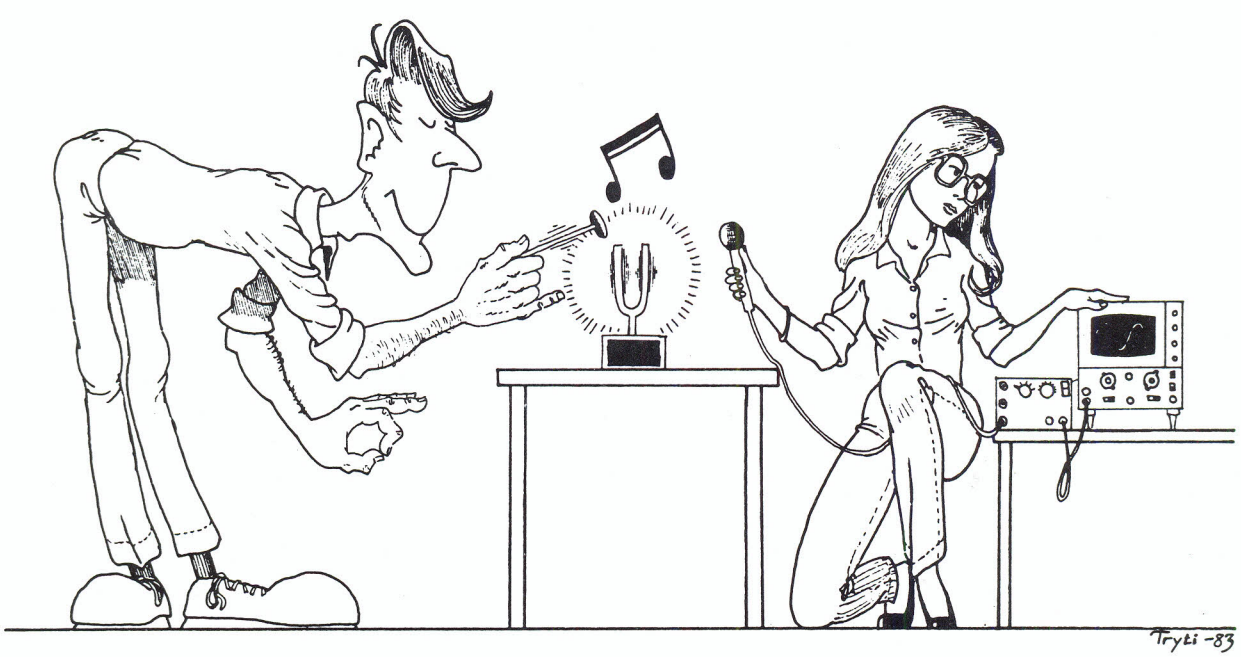
Figur 2. Årstidsvariasjonen av ozonmengden i atmosfæren over Oslo i 1994 (øverste kurve), og Syowa i Antarktis, 1993/94, gitt ved månedlige middelverdier.

Å bygge opp en plausibel forklaring på hva som skjer med ozonet i Antarktis, har krevd målinger og beregninger over lang tid. Mange har vært involvert, og man sitter inne med kunnskaper som gir grunnlag for å anta at KFK-gassene bidrar til å bryte ned ozonet. Men de får først betydning når den heterogene klorkjemi er virksom. Betingelsene for dette er sollys og dannelse av polare stratosfæriske skyer. Disse betingelsene er oppfylt i Antarktis, men langt sjeldnere i nordområdene. At man er kommet så langt, skyldes foruten pionérarbeidet til de tre nobelprisvinnerne, også innsatsen til bl.a. S. Solomon, R. Stolarski, R. Cicerone og H. Johnston.

Litteratur

1. T. Henriksen og S.H.H. Larsen: *Ozonlaget og UV-stråling.* Fysisk inst., Universitet i Oslo (1989)
2. G. Brasseur and S. Solomon: *Aeronomy of the Middle Atmosphere: chemistry and physics of the Stratosphere and Mesosphere.* Reidel, Dordrecht (1984)
3. P. Crutzen: *Ozone Production Rates in an Oxygen-Hydrogen-Nitrogen Oxide Atmosphere.* J. Geophys. Res. **76,** 7311 (1971)
4. M.J. Molina and F.S. Rowland: *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone.* Nature **249,** 810 (1974)
5. R.S. Stolarski and R.J. Cicerone: *Stratospheric Clorine: a Possible Sink for Ozone.* Can. J. Chem. **52,** 1610 (1974)

∞



Bakkenær ozon i Longyearbyen og Tromsø

Kjell Henriksen, Sølvi Bersås, Alexander Theodorsen og Hilde Ørnes *

Innledning

Ozon er en naturlig sporgass, og ved bakken er konsentrasjonen normalt 20–40 ppb (parts per billion, $1/10^9$). Ved høyere konsentrasjoner, 80–100 ppb, kan ozon ha skadelige virkninger på planter og mennesker. Planteveksten reduseres, og brune flekker kommer til syne på bladene. På lave breddegrader kan mye av skogsdøden skyldes forhøyede ozonnivå. Hos mennesker er de første symptomene på for høyt ozonnivå irritasjon i øyne og luftveier som skaper vansker for fysisk aktivitet. Da ozon er en meget giftig gass, har selv små konsentrasjonsøkninger alvorlige miljømessige konsekvenser. Det er en utbredt oppfatning at mengden av bakkenær ozon øker, vesentlig på grunn av økende biltrafikk[1,2]. Men økning er ikke registrert på høye breddegrader ($> 70°$), noe som skyldes for liten fluks av UV-stråling for en signifikant lokal ozonproduksjon.

Målinger viser at på midlere og lave breddegrader kan ozonmengden midt på dagen ofte bli større enn både 100 og 200 ppb i trafikktette strøk som London, Tokyo og Los Angeles[3]. Maksimal ozonmengde oppstår 1–2 timer etter at sola har vært på sitt høyeste, men om natten synker ozonmengden til under 10 ppb når det er tilstrekkelig med ozonødeleggende forurensninger til stede. Det er derfor rimelig å anta at de forhøyede ozonmengdene midt på dagen i storbyer på lave breddegrader, skyldes betydelig lokal ozonproduksjon på grunn av bileksos og mye UV-stråling.

I Tromsø og på Svalbard derimot, er de døgnlige variasjonene så små at de sjelden er detekterbare, og bileksos gjør at mengden av bakkenær ozon alltid minker. Lokal ozonproduksjon er ikke påvist på disse høye breddegradene. I forbindelse med tilgang og tap av bakkenær ozon foreligger det en markant breddeavhengighet, noe som er dokumenterbart ut fra målingene nedenfor og fra eksisterende data fra lavere breddegrader.

Ozon, O_3, skapes i atmosfæren ved assosiasjon mellom molekylært og atomært oksygen. Produksjonshastigheten begrenses i stratosfæren og troposfæren pga. liten tilgang på atomært oksygen. I troposfæren er levetiden for ozon noen dager og den øker med høyden i stratosfæren. Den største kilden til atomært oksygen i troposfæren er fotolyse av NO_2, og denne prosessen er igjen kritisk avhengig av lys med kortere bølgelengder enn 420 nm (1 nm = 10^{-9} m). På høye breddegrader er neppe lokal ozonproduksjon via fotolyse av NO_2 av betydning, da intensiteten av UV-stråling trolig er for liten. Imidlertid kan transport av ozon fra stratosfæren være en betydelig kilde, men eksperimentelle data er vanskelige å finne. Horisontal transport av ozon fra lavere breddegrader kan være av underordnet betydning, som også våre målinger indikerer.

Bakkenær ozon tapes alltid ved deponering og dekomponering på bakken[4]. Ozon spaltes ved kollisjon med vegger og gjenstander. En betingelse for et stabilt ozonnivå nær bakken på høye breddegrader, er derfor en tilsvarende tilførsel av ozon. Det er enkelt å påvise at tapet av bakkenær ozon er betydelig i bileksos og andre forurensninger som inneholder nitrogenoksyder.

Måleinstrumentene

Vi har målt bakkenær ozon ved Nordlysobservatoriet med et velrenommert amerikansk instrument, ML 8810, og et russisk ozonometer, AM–01. ML 8810 er meget stabilt, men har lang responstid, 20 s. Den relativt lange responstiden oppstår fordi et målekammer skal fylles tre ganger med luft for hvert målepunkt. Ozon absorberer sterkt kvikksølvemisjonen ved 254 nm, en egenskap som brukes i ML 8810. Denne emisjonen genereres av ei kvikksølvlampe i ene enden av målekammeret og detekteres av en fotomultiplikator i andre enden. Bakgrunnsintensiteten måles først med luft i målekammeret, som er renset for ozon, og en relativt høy intensitet av 254 nm-emisjonen måles fordi ozonfri luft absorberer dårlig denne emisjonen. Så fylles kammeret med ozonholdig luft der mengden av ozon skal bestemmes. Intensiteten av 254 nm-emisjonen synker proporsjonalt med mengden av ozon i målekammeret. Til slutt tas en ny måling av bak-

*Nordlysobservatoriet, Universitetet i Tromsø.

grunnsintensiteten. Ut fra disse tre målingene beregnes en verdi for ozonmengden i den luften som pumpes gjennom instrumentet.

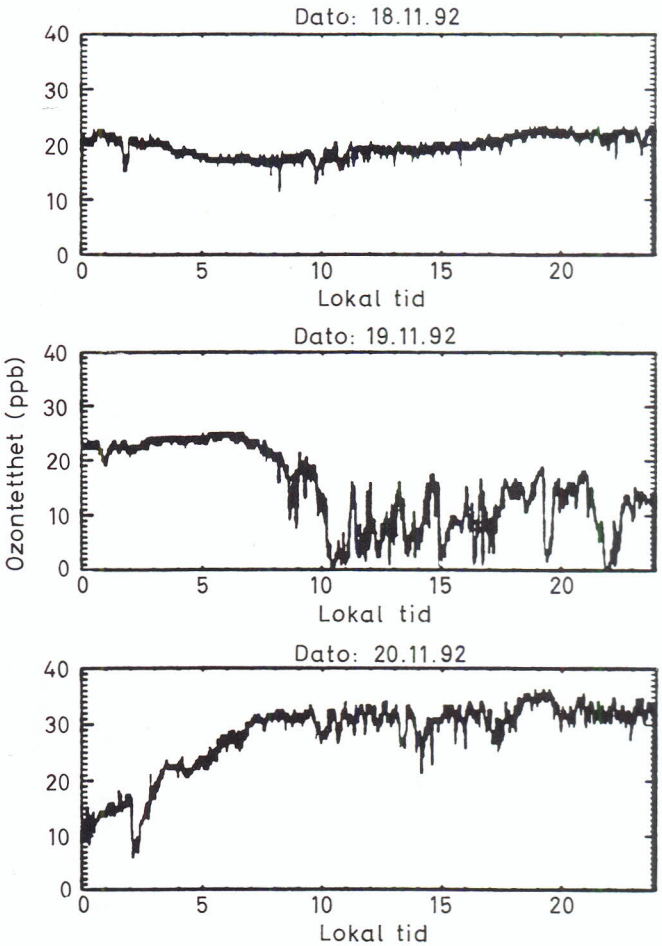
Prinsippet for ozonmåling med AM–01 bygger på kjemiluminescens, og instrumentet er kompakt og bærbart. Responstiden er under 0,1 s. Luft som skal analyseres, pumpes inn i instrumentet. Når ozonmolekyler treffer en krystall, laget vesentlig av rhodamin B, oppstår en fotokjemisk reaksjon og fotoner emitteres. Disse fotonene detekteres så av en fotomultiplikator. Emisjonsraten kan være så høy at en brukbar måling kan oppnås i løpet av noen millisekunder. Uheldigvis må dette instrumentet betraktes som en prototyp der særlig den elektroniske utformingen må forbedres for å oppnå tilfredsstillende stabilitet. AM–01 har en intern kalibreringskilde, men trenger å kalibreres mot ML 8810 når målingene foregår over 3–4 uker, dersom nøyaktigheten skal være bedre enn 5 %. Imidlertid har AM–01 god temperaturstabilitet, er enkel å betjene, reagerer bare på ozon, og er ufølsom for vanndamp og fuktighet. Derfor er AM–01 et utmerket feltinstrument og velegnet for ozonmålinger fra bil.

For begge instrumentene brukes pulstelling som registreringsmåte, og instrumentene styres av bærbare PC-er som også lagrer alle data. Luftinntaket er 2 m over bakken, og ved målinger fra bil er inntaket vinkelrett på fartsretningen slik at luftstrømmen inn i ozonometeret er minst mulig avhengig av bilens hastighet. Ved målingene fra bil kan bare AM–01 brukes.

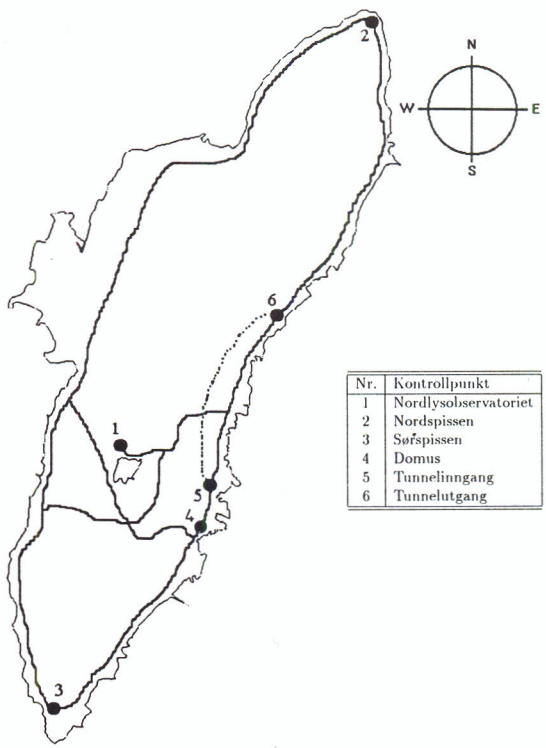
Data fra Tromsø og Longyearbyen

Ved Nordlysobservatoriet ble kontinuerlige målinger gjennomført fra november 1992 til desember 1993. Disse målingene er karakterisert ved ozonnivå fra 20 til 40 ppb, og typiske minskinger i ozonkonsentrasjonen forekommer med varighet fra noen minutter til timer, figur 1. Slike nedganger ble observert mest i vindstille vær, og det var liten forskjell i hyppighet mellom sommer og vinter.

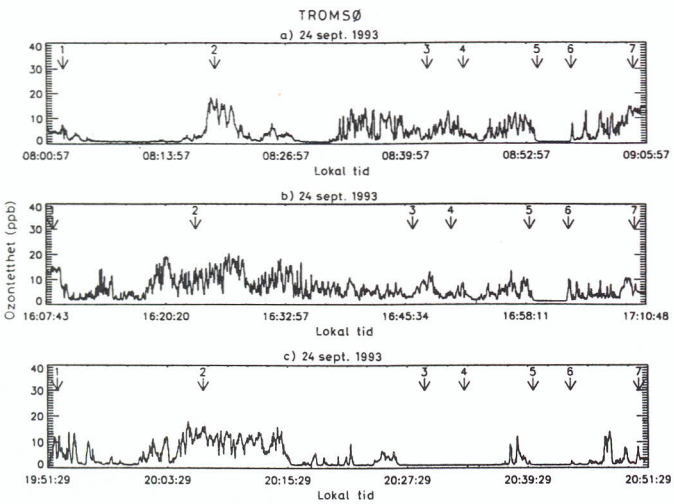
I september 1993 ble AM–01 montert i en bil, og ozonmengden ble målt langs veier, gater og i en tunnel på Tromsøya. Figur 2 viser kart over strekningene som ble kjørt. Tallene på kartet angir kontrollpunkt som er navngitt i tabellen ved siden av. Ved kontrollpunktene ble tiden avlest nøyaktig. Målingene fra en vindstille dag er vist i figur 3. De ble gjennomført morgen, ettermiddag og kveld 24. september. Langs veiene og gatene var det lite ozon, og i tunnelen, mellom kontrollpunkt 5 og 6, var nivået alltid under deteksjons-



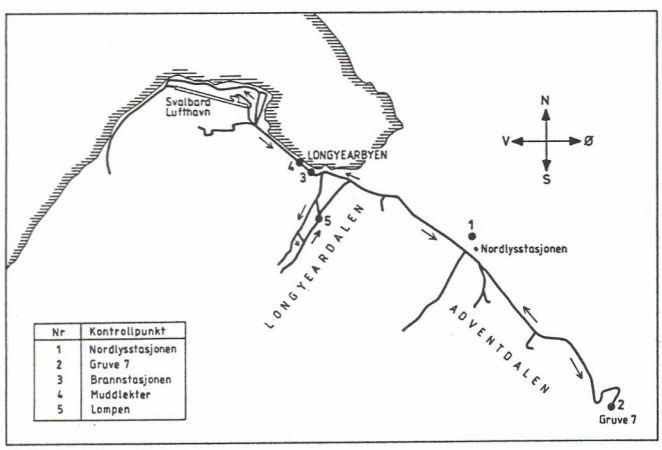
Figur 1. Ozonmålinger fra Nordlysobservatoriet. Registreringene er gjort med det amerikanske instrumentet, ML 8810.



Figur 2. Kart over Tromsøya med strekninger og kontrollpunkt der ozonmålingene ble foretatt fra bil.



Figur 3. Målinger av ozon langs veier og gater på Tromsøya en vindstille dag. Kontrollpunktene er angitt ved piler.



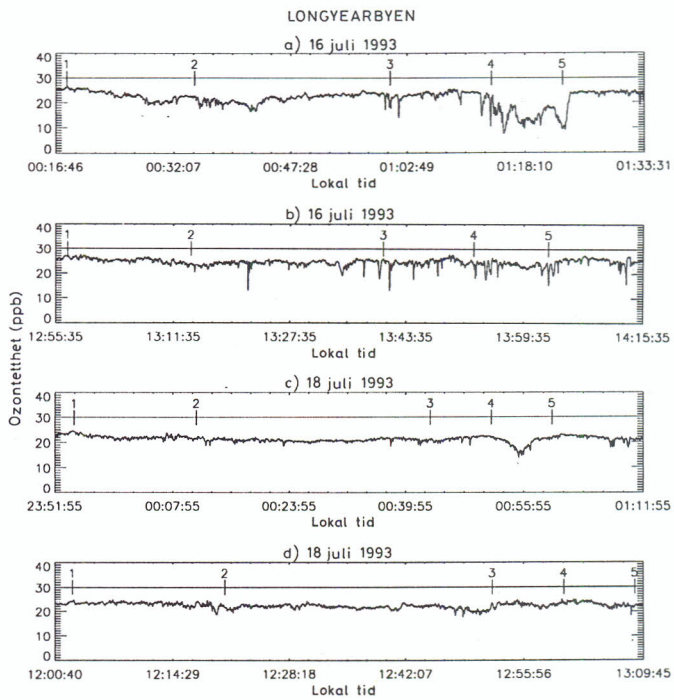
Figur 4. Kart over Longyearbyen og vegstrekningene som ble brukt ved ozonmålingene. Kontrollpunktene er angitt i tabellen og avmerket på kartet.

terskelen for ozonometeret.

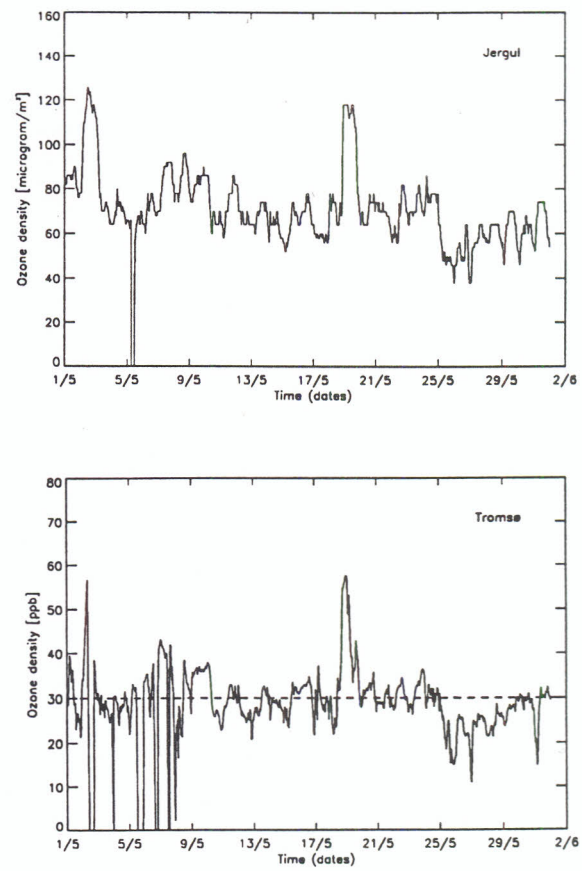
I juli 1993 ble tilsvarende målinger gjennomført i Longyearbyen. Strekningene som ble kjørt er angitt på figur 4, og resultater fra målingene er vist på figur 5. Det var langt færre typiske nedganger i ozonnivået i Longyearbyen enn i Tromsø. Da biltrafikken i Longyearbyen er mye mindre, kan nærmest hver kortvarig nedgang settes i forbindelse med en bil. Den relativt kraftige nedgangen mellom punktene 4 og 5 i figur 5a, kan vesentlig skyldes røyk fra en turistbåt og fra det kullfyrte kraftverket i Longyearbyen.

Heller ikke i Longyearbyen var døgnlig variasjon i ozontettheten tydelig. Bakgrunnsnivået var som i Tromsø, 20–40 ppb.

I løpet av 1993 forekom det bare to kortvarige episoder i Tromsø der ozonkonsentrasjonen var større enn 60 ppb, figur 6. Beregninger indikerer at disse



Figur 5. Målinger av ozon langs veier i Longyearbyen.



Figur 6. Målingene, gjennomført med ML 8810, viser tidsvariasjonene i bakkenær ozon i Jergul på Finnmarksvidda, og i Tromsø, i mai 1993. Episodene med forhøyede ozonnivå forekommer rundt 3. og 18. mai. Enheten er microgram/m^3 = 0.5 ppb. (Målestasjonen ved Jergul drives av NILU.)

episodene skyldtes transport av ozon fra Mellom-Europa, og varigheten av de tilhørende forhøyede ozonnivåene var i alt rundt 4 døgn. Derfor er det lite sannsynlig at transport fra lavere breddegrader bidrar vesentlig til eksisterende bakke-ozon på høye breddegrader. Målingene i Tromsø viser at det er en viss korrelasjon mellom mengden av stratosfærisk ozon og bakkenær ozon med en markert topp om våren i april–mai, og minimum om høsten. Dette kan indikere at "eddy-diffusjon" og transport av ozon fra stratosfæren og ned i troposfæren kan være en vesentlig kilde til bakkenær ozon.

Kjemiske reaksjoner

At ozonmengden viser typiske nedganger både i Tromsø og i Longyearbyen, kan med stor sannsynlighet skyldes kjemisk reaksjon med nitrogenoksyd i bileksos

$$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2 ,$$

der reaksjonskoeffisienten er $1{,}8 \cdot 10^{-12}$ cm^3/molekyl $\cdot$ s [3]. Halveringstiden for ozon i denne reaksjonen er 0,1 til 1,7 s når NO-konsentrasjonen varierer mellom 200 og 20 ppb, og startverdien er 30 ppb for O_3. Dette indikerer at så snart NO opptrer, reagerer denne sporgassen nesten spontant med ozon, og reaksjonen går mot høyre så lenge signifikante mengder av begge gassene O_3 og NO finnes. Det ble ikke gjennomført simultane NO-målinger, men konsentrasjoner fra 20 til 200 ppb er funnet i Tromsø tidligere[5].

Siden døgnlige variasjoner med signifikant økning av ozonmengden 1–2 timer etter at sola var på sitt høyeste, verken ble målt i Longyearbyen eller i Tromsø, tyder dette på at noen signifikant lokal produksjon av ozon ikke forekom. En sterk kandidat for ozonproduksjon på grunn av bileksos er reaksjonene

$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$$

med $\lambda < 420$ nm, og

$$O_2 + O + M \rightarrow O_3 + M .$$

Ozon i atmosfæren dannes bare gjennom denne assosieringsprosessen. Den er rask og eksoterm, og ble påvist av Sidney Chapman i 1930. At ikke større mengder ozon fins i troposfæren, skyldes mangel på atomært oksygen. Da ingen lokal ozonproduksjon kan påvises, kan det skyldes at solstrålingen i Tromsø og Longyearbyen er for liten til at atomært oksygen kan spaltes fra nitrogendioksyd i tilstrekkelige mengder.

Konklusjon

Biltrafikken i Tromsø og Longyearbyen gjør at bakkenær ozon minker. Solstrålingen er ikke sterk nok til at den lokale ozonproduksjonen er signifikant og lett detekterbar. Målingene fra bil har vært mulige fordi AM–01 har kort responstid og tåler rystelser. At det ikke fans målbare mengder av ozon i Tromsøs biltunnel, er et resultat av relativt store mengder NO fra biltrafikk, ingen UV-stråling, som er en forutsetning for lokal ozonproduksjon, og muligens stor nedbrytning ved kollisjon med tunnelveggene. Det er selvsagt en svakhet ved disse målingene at ikke samtidige målinger av NO_x og andre sporgasser ble gjennomført, og dette skyldes ressursknapphet.

Deponering og dekomponering av ozon på tunnelvegger og på bakken ble ikke undersøkt i dette studiet. Fra laboratoriearbeid vet vi imidlertid at ozon ikke kan oppbevares i containere, da en betydelig nedbrytning starter ved innelukking. Da er det også stor sannsynlighet for at et betydelig tap av ozon skjer ved dekomponering på tunnelveggene. Deponering i seg selv vil imidlertid etter en viss tid nå en metnings- eller likevektstilstand med fritt ozon. Dersom deponeringen skal vedvare, er det en forutsetning at de deponerte molekylene reagerer eller opptas der de er deponert.

Målingene fra bil ble gjennomført for å få oversikt over ozonkonsentrasjonen langs veier, gater og i tunneler. Ved bruk av bil oppstår en viss systematisk feil, men ved justering av måleoppstillingen i bilen ble denne feilen minimalisert og ble mindre enn 10 % i forhold til faste målepunkt. Derfor er målingene fra bil kvalitetsmessig akseptable, og de er langt mindre ressurskrevende enn målinger fra faste punkt langs veier, gater og i tunneler.

Målingene av bakkenær ozon viser at nivået er omtrent like høyt i mørketida og i midnattsolperioden. Derfor kan solstrålingen om sommeren ikke initialisere en målbar lokal ozonproduksjon nær bakken. At ozonnivået i mørketida er tilnærmet det samme som om sommeren, tyder på en kontinuerlig tilførsel av ozon fra stratosfæren, fordi deponering av ozon på bakken er et betydelig sluk sommer som vinter. I stratosfæren fins ca. 90 % av ozonmengden, og ca. 10 % er i troposfæren. Betydningen av stratosfæren som kilde for troposfærisk og bakkenær ozon, er dessverre ikke bestemt godt nok kvantitativt, men ut fra våre målinger anser vi at stratosfæren er den største kilden til bakkenær ozon på våre breddegrader.

For noen år siden døde en stor del av bjørketrærne i sentrum av Tromsø, og en av spekulasjonene om årsaken var at biltrafikken skapte for mye ozon. Selve

problemet og spekulasjonene om årsaken var sterkt medvirkende til at hovedfagsoppgaver om bakkenær ozon ble definert og gjennomført. Disse eksperimentelle studiene viser at ozonhypotesen neppe var riktig. Heller ikke byens myndigheter tok spekulasjonene om ozon særlig alvorlig, da de døde bjørketrærne ble erstattet med friske. Disse trærne viser da heller ikke symptomer på ozonskader, men vokser normalt eller bedre, siden lufta i Tromsø sentrum har mer kulldioksyd enn normalt på grunn av biltrafikken.

Med de typiske nedgangene skapt av bileksos, er det klart at bileksos ikke kan øke mengden av bakkenær ozon nord for polarsirkelen. Selv om langtidsmålinger ikke er gjenomført, kan dette området neppe omfattes av den annonserte globale økningen av bakkenær ozon.

Statens Vegvesen, Tromsø, bidro med midler både til instrumentering og til drift av prosjektet. Dette muliggjorde gjennomføringen av undersøkelsene, og vi takker for støtten.

Referanser

1. Statens forurensningstilsyn (SFT): *Forurensning i Norge 1994.* Oslo, (1994)
2. Sarma, K.M. og R.D. Bojkov: World Meteorological Organization (WMO) Ozone Report No. 37, executive summary, (1994)
3. Wayne, R.P.: *Chemistry of Atmospheres,* Clarendon Press – Oxford, Second edition, (1991)
4. World Meteorological Organization: *Global ozone research and monitoring project.* Report no. 16, pp 141–145, (1985)
5. Haugsbakk, I., K.E. Grønskei og G. Bøyum: *Luftkvalitet i Tromsø: Vurdering av utslipp, spredning og målte konsentrasjoner.* Norsk institutt for luftforskning, Lillestrøm, rapport 51/91, (1991)

∞

Fysikken til biomaterialer – fluktuasjoner, sjølsamling og utvikling

Olav Steinsvoll *

Referat fra 'NATO Advanced Study Institute: Physics of Biomaterials: Fluctuations, self assembly and evolution', Geilo, 27. mars til 6. april 1995.

I siste halvdel av 1995 er to av hovedpersonene ved kurset, Tormod Riste og Gerd Jarrett, gått bort. Riste var faglig organisator og en av to "directors". Jarrett var den dynamiske og praktiske sekretæren ved dette som ved alle foregående Geilokurs. Dette referatet er viet minnet om disse to ildsjelene som har betydd så mye for meg personlig og for norsk fysikk i alminnelighet.

I løpet av de siste 10 åra har fysisk forsking innen komplekse systemer tiltrukket seg stor interesse. Det fins mange meninger om hva som skal kalles komplekse systemer, men det er stor samstemmighet blant fagfolk om at biologiske systemer må betegnes som komplekse. Ved å gå naturlige biologiske materialer etter i sømmene, finne konstruksjon og virkemåte, vil vi kanskje kunne etterlikne naturen og lage oss nye materialer der vi kan utnytte de "lure knep" som naturen benytter seg av. Den har tross alt brukt noen milliarder år på å utvikle funksjonelle materialer for sitt bruk.

*Institutt for energiteknikk, Kjeller.

Biologien lærer oss ny fysikk

Biologien har gjort store framskritt de siste 50 åra. Dette skyldes ikke minst at biologer har tatt i bruk apparater og metoder som er blitt utviklet av fysikere, som kontrastmikroskop, nøytron- og røntgenstrukturanalyse, NMR, MRI, STM osv. Høyhastighets databehandling har vært avgjørende for denne utviklingen. Få fysikere har likevel brydd seg med å lære seg den biologiske terminologien for å prøve å anvende fysiske

Fra Fysikkens Verden

57. årgang
1995

Norske Fysisk Selskap
Oslo 1995

ISSN-0015-9247

Innhold FFV 1995

Nr. 1:

Fra Redaktørene 2
FFV Gratulerer 2
Derfor er det mørkt om natta
Henning Knutsen 3
Den første atomreaktoren på Kjeller
Tormod Riste 12
Indeks FFV 1994 15
Bokkronikk: Francis Crick: The Astonishing Hypothesis.
The Scientific Search for the Soul.
Charles Scriber's Sons, NY, 1994.
Arne Valberg 22
Bokomtale 24
L.P. Csernai: Introcuction to Relativistic Heavy Ion
Collisions. John Wiley & Sons Ltd., 1994.
Nye Doktorer 26
Dr.ing. Lise Trondsen Sagdahl
Trim i FFV 26
Konferanser 27
Per Osland: Teoretisk fysikk møte på Utstein kloster
Fysikkforum for lærere
Hva skjer 28
Rondablikkseminaret 1995
Nytt fra NFS 28
Fysikermøtet 1995
Årsmøtet 1995
Konkurranse om logo
Nye medlemmer
Program for Fysikermøtet

Nr. 2:

Fra Redaktørene 34
FFV Gratulerer 34
Opprinnelsen til kosmisk stråling – Del I
Sven Oluf Sørensen 37
Væsker og væskeformer
Olav Steinsvoll 44
Bokkronikk: Ø. Elgarøy og Ø. Hauge: Svein Rosseland.
Fra hans liv og virke. Inst. for teoretisk astrofysikk,
Universitetet i Oslo, 1994.
Johannes M. Hansteen 52
Bokomtaler 54
O. Øgrim og B.E. Lian: Størrelser og enheter i fysikk og
teknikk. Univ. forlaget og Norges standiseringsforbund,
2. utg., 1994.
G. Fraser, E. Lillestøl and I. Sellevåg:
The search for infinity. Mitcell Beazley, 1994.
Debatt 56
P.C. Michelsen: Fysiken i den videregående skolen.
T. Holtebekk: Trimoppgave 3/89 – Fram eller tilbake?
Trim i FFV 57
Nye Doktorer 58
Dr.scient. Cecilia Marie Futsæther
Dr.ing. Jorunn Skofteland Gislefoss
Dr.ing. Randi Holmestad
Dr.scient. Øyvind Isaksen
Dr.ing. Jan Langhammer
Dr.scient. Martin Lefstad
Dr.ing. Ivar Linnerud
Dr.ing. Pål Tuset
Dr.scient. Kjetil Ullaland
Nytt fra NFS 63
Logo for Fysikkolympiaden
Nye medlemmer

Nr. 3:

Fra Redaktørene 66
In Memoriam: Gerd Jarrett
T. Henriksen, E. Osnes og T. Riste 66
FFV Gratulerer 67
Trim i FFV 68
Opprinnelsen til kosmisk stråling – Del II
Sven Oluf Sørensen 69
Søkelys på syn
Arne Valberg 78
Naturvitenskapelige bommerter i litteraturen
Olav Steinsvoll og Joe McCauley 83
Bokkronikk: K.S. Thorne: Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy. Picador, 1994.
Henning Knutsen 86
Bokomtale 89
Philip Morrison: Nothing is too wonderful to be true. American Inst. of Physics, 1995.
Tidsskriftomtale 89
SYMMETRI: Tidsskrift for Fysikk & Matematikk. (Utgitt med støtte av Fys. inst., AVH – Inst. for mat. fag, NTH – Inst. for mat. og stat., AVH.)
Nye Doktorer 90
Dr.scient. Gholam Reza Ahmadi
Dr.ing. Hans-Jörg Fell
Dr.ing. Trond Melen
Nytt fra NFS 92
Fysikkolympiaden 1995
Årsmelding 1994–1995
Årsmøtet 1995
Ny sekretær i NFS

Nr. 4:

Fra Redaktørene 98
In Memoriam: Tormod Riste
Thormod Henriksen 98
Fra Crookes' rør til computertomograf – Røntgendiagnostikk før og nå
Ellen Karoline Henriksen 99
Fra strålebiologiens historie
Johan Baarli 104
Röntgens oppdagelse – opptakten til moderne fysikk og kjemi
Jon Gjønnes og Berit Fjærtoft 110
Materialinnsyn med røntgen
Emil J. Samuelsen 112
Røntgenbilder av universet
Øystein Elgarøy 118
Fra Fysikkens Historie 123
Då røntgenstrålane kom til Noreg
Nobelprisen i fysikk 1995
Bjarne Stugu 127
Bokomtaler 127
P. Waloschek, ed.: The Infancy of Particle Accelerators – Life and Work of Rolf Widerøe. Vieweg, 1994.
K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk. Med engelsk–norsk og norsk–engelsk ordliste. 7. utg., Tapir, 1995.
Nye Doktorer 129
Dr.ing. Arne Brendmo
Dr.ing. Erling G.B. Hohler
Dr.ing. Tor Wøhni
Trim i FFV 130
Nytt fra NFS 131
IBMs fysikkpris 1996
Stipend

∞

Forfatter–register

Brevik, Iver:
Bokomtale: K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk. Med engelsk–norsk og norsk–engelsk ordliste. 7. utg. Tapir, 1995 128
Baarli, Johan:
Fra strålebiologiens historie 104
Elgarøy, Øystein:
Røntgenbilder av universet 118
Fjærtoft, Berit og Jon Gjønnes:
Röntgens oppdagelse – opptakten til moderne fysikk og kjemi 110
Gjønnes, Jon og Berit Fjærtoft:
Röntgens oppdagelse – opptakten til moderne fysikk og kjemi 110
Hansteen, Johannes M.:
Bokkronikk: Ø. Elgarøy og Ø. Hauge: Svein Rosseland. Fra hans liv og virke. Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO, 1994 52
Henriksen, Ellen Karoline:
Fra Crookes' rør til computertomograf – Røntgendiagnostikk før og nå 99
Henriksen, Thormod:
Gratulerer: Gerd Jarrett æresmedlem i NFS 34
Henriksen, Thormod:
Gratulerer: Søren H.H. Larsen 75 år 35
Henriksen, Thormod, Eivind Osnes og Tormod Riste:
In Memoriam: Gerd Jarrett 66
Henriksen, Thormod:
Nytt fra NFS: Årsmelding 1994–1995 93
Henriksen, Thormod:
In Memoriam: Tormod Riste 98
Holtebekk, Trygve:
Bokomtale: Otto Øgrim og Bjørn Ebbe Lian: Størrelser og enheter i fysikk og teknikk. Univ.forlaget og Norges Standardiseringsforbund, 1994 54
Holtebekk, Trygve:
Debatt: Trimoppgave 3/89 – Fram eller tilbake? 56
Holtebekk, Trygve:
Bokomtale: P. Morrison: Nothing is too wonderful to be true. American Institute of Physics, 1995 89
Høgåsen, Hallstein:
Bokomtale: G. Fraser, E. Lillestøl and I. Sellevåg: The search for infinity. Mitchell Beazley, 1994 55
Knutsen, Henning:
Derfor er det mørkt om natta 3
Knutsen, Henning:
Bokkronikk: K.S. Thorne: Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy. Picador, 1994 86
Leer, Egil:
Nytt fra NFS: Årsmøtet 1995 94
Løvhøiden, Gunnar:
Bokomtale: L.P. Csernai: Introduction to Relativistic Heavy Ion Collisions. John Wiley & Sons Ltd., 1994 24
McCauley, Joe og Olav Steinsvoll:
Naturvitenskapelige bommerter i litteraturen 83
Michelsen, Per Christian:
Debatt: Fysikken i den videregående skolen 56
Osland, Per:
Konferanser: Teoretisk fysikk møte på Utstein kloster 27
Osnes, Eivind, Tormod Riste og Thormod Henriksen:
In Memoriam: Gerd Jarrett 66
Riste, Tormod:
Den første atomreaktoren på Kjeller 12
Riste, Tormod, Thormod Henriksen og Eivind Osnes:
In Memoriam: Gerd Jarrett 66
Samuelsen, Emil J.:
Materialinnsyn med røntgen 112
Skjeltorp, Arne og Olav Steinsvoll:
Gratulerer: Tormod Riste 70 år 36
Soleng, H.H.:
Tidsskriftomtale: SYMMETRI: Tidsskrift for Fysikk & Matematikk. (Utgitt med støtte av Fys. inst., AVH – Inst. for mat. fag, NTH – Inst. for mat. og stat., AVH.) 89
Steinsvoll, Olav og Arne Skjeltorp:
Gratulerer: Tormod Riste 70 år 36
Steinsvoll, Olav:
Væsker og væskeformer 44
Steinsvoll, Olav og Joe McCauley:
Naturvitenskapelige bommerter i litteraturen 83
Stugu, Bjarne:
Gratulerer: Internasjonal fysikkpris til Bjørn H. Wiik 67
Stugu, Bjarne:
Nobelprisen i fysikk 1995 125
Sørensen, Sven Oluf:
Opprinnelsen til kosmisk stråling – Del I 37
Sørensen, Sven Oluf:
Opprinnelsen til kosmisk stråling – Del II 69
Valberg, Arne:
Bokkronikk: The Astonishing Hypothesis. The Scientific Search for the Soul. Sharles Scriber's Sons, New York, 1994 22
Valberg, Arne:
Søkelys på syn 78
Vistnes, Arnt Inge:
Nytt fra NFS: Fysikkolympiaden 1995 92
Vaagen, Jan og Finn Aaserud:
Bokomtale: P. Waloschek, comp. and ed.: The Infancy of Particle Accelerators – Life and Work of Rolf Widerøe. Vieweg, 1994 127
Aaserud, Finn og Jan Vaagen:
Bokomtale: P. Waloschek, comp. and ed.: The Infancy of Particle Accelerators – Life and Work of Rolf Widerøe. Vieweg, 1994 127

∞

tenkemåter innen dette fagfeltet. Biologi er blitt ansett som uoversiktlig og rotete. Men nå har flere fysikere fått øynene opp for at en der møter fenomener og problemstillinger som en kan lære mye ny fysikk av og som kanskje kan legge grunnlaget for en lære om kompleksitet. I stedet for den litt overlegne tonen, "la oss nå se hva vi kan hjelpe biologene med", har fysikerne anlagt en mer ydmyk tone: "Hva kan biologien lære oss av ny fysikk?"

Til NATO-kurset på Geilo var det invitert en rekke internasjonalt kjente biologer og fysikere som hadde tatt skrittet over til biologien, både eksperimentatorer og teoretikere, som forelesere. Det var kursdeltakere fra 28 land: 81 studenter og 14 forelesere. Foruten forelesninger, var der seminarer over spesielle emner, og plakatsesjoner der deltakerne kunne presentere sine forskningsprosjekter. Dessuten var det stor aktivitet i slalåmbakker og skiløyper.

Er du i likevekt, er du død!

Allerede i den første timen ved *Phil Pincus* (UCSB), ble det gjort klart at biologiske systemer er dynamiske og befinner seg langt fra termodynamisk likevekt: *If you are in equilibrium – you are dead!* Biologi er dynamikk. Til tross for at vi ikke kan skape liv, har vi likevel håp om å kunne lage enkle biologiske materialer som kanskje vil kunne brukes innen medisin og bioteknologi. En cellemembran er et typisk biologisk materiale som det kunne være interessant å etterlikne. Det har vist seg at såpeaktige molekyler i vann vekselvirker og organiserer seg spontant til hinner eller små kuleformete enheter, miceller. Når olje tilsettes en slik oppløsning, brytes den opp i små dråper som omsluttes av såpemolekylene. Ved fysiske betraktninger, kan en vise at dette skjer i pakt med å minimalisere den frie energien i oppløsningen. Kosmetikkindustrien har allerede utført mye forsking på bruk av kunstige celler med membraner som omslutter medisiner eller "hudnæring".

Nøytronspredning og biodynamikk

Dieter Richter (KFA, Julich) fortalte om hvordan spredning av nøytroner kunne gi innsikt i form og fluktuasjoner av partikler i mikroemulsjoner. Ved hjelp av flygetidsteknikk og nøytronspinnekko har en kunnet studere de små energiendringene som nøytronene gjennomgår ved vekselvirkning med fluktuerende parallelle filmer, og med filmer i form av kuleskall. En har sett den langsomme dynamikken i slike systemer.

Bioadhesjon

Hvis vi ville være "flue på veggen" i et rom, måtte vi finne ut hvordan flua kan feste seg til overflater. Bioadhesjon var emnet til *R. Bruinsma* (UCLA). Immunforsvaret gjenkjenner celler ved hjelp av klebrigheten på cellevegger. Ved nærmere ettersyn har en sett at de hvite blodlegemene, leukocyttene, kan rulle bortover flater, langs veggene i blodårer og på cellevegger. En tror nå at hvis en farlig substans, f.eks. en patogen celle, er kommet inn i kroppen, vil en få en lokal avstøtingsreaksjon og oppstilling av et slags "skilt" i nærmeste blodåre. Kommer en leukocytt rullende forbi, vil den merke en klebrighetsendring, og stanse opp og ta affære overfor inntrengeren! Ved autoimmune reaksjoner, slik som ved artritt, multippel sklerose, astma og ved organoverføringer, angripes egne eller ønskete celler av de hvite blodlegemene. Dette kan skyldes endringer av klebrigheten til celleoverflater i bestemte vev.

Membranproteiner som biosensorer

Proteiner gir cellemembranene stivhet og er viktige for biologiske aktiviteter som nerveledning, tilførsel og borttaking av ioner og molekyler, og for gjenkjenning av celler. En har klart å isolere spesielle typer membranproteiner i slike mengder at en har sett dem samle seg spontant i todimensjonale hinner. Slike kan ha en stor framtid som byggematerialer i molekylærelektronikk, optiske vendere og som molekylære siler. Dessuten vil de kunne brukes som følsomme detektorer for toksiner. *C.R. Safinya* (UCSB) fortalte om studier med synkrotronstråling på slike hinner. En har sett todimensjonal smelting og denaturering når en varmer opp membraner. Tørker en derimot membranen, undertrykkes smelteprosessen og en har fått membraner som motstår temperaturer på opptil 149 $°C$. Dette har stor betydning ved bruk av materialet i bioreaktorer der en kan rense genteknisk framstilte proteiner i høytemperatursiler. Klebrigheten til cellemembranene er avhengig av belegg av sukker- og proteinmolekyler på utsiden. Sjølordnete todimensjonale hinnesystemer kan belegges med polymerer eller sukkermolekyler. De viser da en uventet stor frastøting mellom de enkelte lagene. Dette kan studeres ved spredning av sykrotronstråling.

Fysikken ved celledeling

Hva skjer ved celledeling? *S. Leibler* (NEC, Princeton) viste både film og lysbilder av celledelingsprosesser.

Det som slår en, er den hurtige og nøyaktige kopieringen av kromosomene og de presise tidsrekkefølgene når to nye celler oppstår med samme innhold og funksjon som den opprinnelige. Det ser ut som om det er innebygde korrigerende effekter, "klokker" og "sjekkpunkter", underveis. Av fotografier ser en også at en "mitotisk spindel" bokstavelig talt trekker i trådene, et system av noen hundre tynne tråder som går ut fra hver av de to polene som oppstår under celledelinga. Kromosomene dras langs trådene ved hjelp av molekylære "motorer". Disse virker etter samme prinsipp som ved muskelsammentrekninger. Spindeltrådene ligger og "fisker" rundt i cella etter kromosomdeler ved stadig å øke og minske sine lengder. Lengdeendringene kunne ses på nesten som vekselvise katastrofer og redningsoperasjoner. En indre kommunikasjon sørger for at hver pol bare får en del av et kromosom til sin side. Når så alle trådene har fått "fast fisk", trekkes delene til hver sin side og en skillevegg kommer til syne. Slike tråder og transportmåter finner en også i celler når de ikke deler seg. De danner et indre celleskjelett som sørger for transport av molekyler mellom mindre deler inne i cella (organellene). For fysikere er celledelingen en prototyp på en sjølregulerende prosess. Biokjemiske reaksjonsringer med mange positive og negative tilbakekoplinger, sørger for reguleringen. Her er det mye interessant reguleringsfysikk å kaste seg over!

Folding av proteiner til aktive enzymer

Proteiner er ofte som lange tråder bygd opp av aminosyrer. Overlates en slik tråd til seg sjøl, vil den få form som en spiral på samme måte som DNA. Dette kalles konformasjon av første orden. Når dette er skjedd, fortsetter ordningen ved at en slik spiral tvinner seg en gang til om seg sjøl, andre grads konformasjon. Den tredje ordningen er mer komplisert der bestemte deler av tråden prøver å komme i nærheten av andre deler for atter en gang å minimalisere energien i systemet. I en vandig oppløsning kan dette oppnås ved at fettaktige, hydrofobe (vannavstøtende) atomgrupper søker sammen – tilsvarende for polære (vannelskende) grupper. Det er først den tredje ordningen som fører fram til et virksomt enzym med lommer og hulrom der bestemte kjemiske grupper passer inn og kan sammenføyes.

P.G. Wolynes (U. Illinois, Urbana) ga en fysikers syn på folding av proteiner. Foldingsprosessen skjer i mange små og store trinn med ulike tidskonstanter som til slutt fører fram til et stort virksomt molekyl. Under foldingprosessen oppstår frustrasjonseffekter. I bildet tegnet i forrige avsnitt, betyr dette at når flere hydrofobe grupper søker sammen, kan andre grupper langs strengen, som "ikke liker hverandre", bli tvunget i nærheten av hverandre. Det må da inngås et kompromiss som kan kalles "prinsippet om minimal frustrasjon". En kan se dette som en søken etter bunnen i et energilandskap med dype daler og høye fjell. Problemet er nå at antall mulige konformasjoner for molekylet ved en slik søken øker eksponensielt med antall aminosyrer langs strengen: Et protein med 100 aminosyrer vil ha $2^{100} \simeq 10^{30}$ muligheter, men bare en bestemt konformasjon kan gjøre jobben i livsprosessene! Dette er C. Levinthals paradoks: Proteinet vil ikke ha nok tid på seg til å avsøke alle konformasjoner; det ville ta mer enn 10^{10} år! Naturen har brukt milliarder av år på å finne den mest hensiktsmessige fordelinga av aminosyrer langs tråden slik at foldingsprosessene kan skje i en bestemt rekkefølge som tar kort tid, en snarvei til resultatet: et virksomt protein.

Myoglobin, biologiens hydrogenatom

Wolynes fortalte at myoglobinet, Mb, på en måte er blitt for biologer det som hydrogenatomet er for fysikere. Her møtes både det enkle og det komplekse, noe som gjør det mulig å utføre noenlunde oversiktlige eksperimenter på foldingsprosesser for proteiner. Myoglobinet er hemoglobinets nære slektning, bare mye enklere bygd. Det er et oksygenreservoar i, eller i nærheten av, de røde musklene. I stedet for å ha fire peptidkjeder som hemoglobin, har myoglobin bare en, men begge har en hemgruppe som kan binde/avgi oksygen og binde karbonmonoksid. Studier av denne prosessen har gitt et godt innblikk i energilandskapet til myoglobinet. En har benyttet nedkjølt Mb og fotolyse med korte lysblink, og sett hvordan transmisjonsspektret endres når Mb tar opp CO. Målingene viser et energilandskap med mange minima, flaskehalser i foldingsprosessen, som molekylet må gjennom. For en fysiker er dette svært likt det en ser ved spinnglassovergang er.

Utvikling av nye biopolymerer

Bioteknologien har utviklet seg i flere retninger, og det har skjedd en rivende utvikling når det gjelder behandling av matvarer og utvikling av medisiner. I tillegg har vi fått en genetisk ingeniørteknologi der en ved hjelp av genmodifikasjon har klart å få enkle bakterier til å produsere det menneskelige insulinet og interferon.

Det siste er molekylær bioteknologi der en prøver å utvikle nye biopolymerer ved hjelp av de spontane sjølordningsegenskapene som mange større biologiske molekyler har.

W. Grüner (IMBT, Jena) fortalte om de nyeste resultatene innen dette området. For å få fram ei bestemt utvikling må en legge et slags ytre press på systemet som tilgodeser noen individuelle konformasjoner av proteinmolekyler, f.eks. surhetsgrad eller temperatur. Ut av et tilfeldig utvalg får man da en overvekt av bare en slags form. For å rendyrke denne videre, legger en inn "flaskehalser" som molekylene må gjennom. Slik har en klart å "utvikle" mRNA-molekyler (budbringer ribonukleinsyre) fra en "suppe" som inneholder fire nukleotidbaser. En får da en spontan oppbygging av mRNA-liknende molekyler ved sjølorganisering. En tar da ut en ørliten prøve fra urblandinga etter at det har funnet sted en viss sjølorganisering til mRNA. Denne tilføres som et "frø" til en ny suppe av baser der frøet får lov å formere seg ved duplisering av mRNA-strengen. Slik kan en fortsette noen hundre, kanskje tusen ganger. En ender da opp med mRNA-molekyler som har tilpasset seg ursuppas egenskaper. (Parallelle eksperimenter kan gi litt forskjellige RNA-molekyler.) Etterpå kan en finne rekkefølgen av baser i sluttproduktene og deretter studere de familiære trekkene. Det viser seg at mRNA-molekyler i familie ikke folder seg til de samme tertiære strukturene. (Det tekniske apparatet er superminiatyrisert og styrt av datamaskiner.) Det er likevel en ting å la naturen få utfolde seg, styrt av tilpasningspress utenfra; en annen ting er å utvikle nukleotidrekkefølger med ønskete og forutbestemte egenskaper. Dette er det langt fram til.

Matematisk beskrivelse av artenes opprinnelse

L. Peliti (U. Napoli) tok for seg artenes opprinnelse, "*The problem of problems*", ifølge Darwin. En arts grad av tilpasningsdyktighet til miljøet kan måles ved dens evne og suksess i å reprodusere seg sjøl. Tilsvarende gjelder også for individer innen arten: antall forplantningsdyktige avkom er avgjørende. Artenes utvikling skyldes populasjonsdynamikken som igjen er et vekselspill mellom forplanting, mutasjoner og utvelgelse av tilpassete individer. På samme måten som en kunne tenke seg energilandskaper for folding av proteiner, kan en forestille seg landskaper der den ene aksen er et mål for tilpasningsdyktighet og den andre er avhengigheten av oppbyggingen av DNA. Utvelgelse av de beste individer fører populasjonstilstanden nedover i landskapet. Med bare mutasjoner ville utviklinga av arter gå veldig langsomt. Naturen har hjulpet på dette ved å innføre sex som øker variasjonsevnen per generasjon betydelig. For å få fram en art må en likevel isolere en gruppe av populasjonen reproduksjonsmessig og la gruppen utvikle seg helt for seg sjøl. Genene skulle etter dette operere etter et fullstendig egoistisk opplegg. På den annen side, har individene også evne til uegennyttighet, og dette må være trekk som må kunne gå i arv. Det kan altså være gener som styrer egenskaper som er direkte skadelige for det enkelte individet, men som i et større perspektiv er til beste for samfunnet av individer. Det må altså være prosesser som tar hånd om og bevarer slike uselviske gener i populasjonen; en slags "frustrasjon" vil oppstå mellom oppførselsformer hos det enkelte individ. Matematiske teorier ble presentert som kunne dekke forekomsten av begge slags gener.

Neurale nettverk

Datamaskiner og den menneskelige hjerne har både likheter og forskjeller. Begge er utviklet for å behandle informasjon, men der stanser likheten. Mens datamaskiner kan behandle tall med utrolig presisjon og hastighet, er dette vanskelig for hjernen. Men et lite barn kan i en brøkdel av et sekund kjenne igjen ansiktet til foreldrene. Barnet trener hjernen også til å kontrollere sitt kompliserte muskelapparat med stor nøyaktighet slik at stadig nye ferdigheter blir utviklet. For hjernen er dette en besværlig og langvarig prosess som tar mellom 10 og 20 år, mens datamaskinen kan kontrollere en robot straks programmet er lest inn. Hjernen er bygd opp av omlag 10^{11} nerveceller, neuroner, og dens funksjon er avhengig av at disse kan sende signaler til hverandre. Hvert neuron har 10^4 signalinnganger som influerer på neuronets tilstand, og denne tilstanden blir formidlet videre i signaler til bestemte neuroner i omegnen gjennom synapsene, forbindelsespunktene. Tilstanden i hjernen avhenger derfor hovedsakelig av hvor sterke koplingene er i disse punktene. En antar at ved læring styrkes noen kontakter og andre svekkes. Ved å etterlikne naturen på dette området vil en kanskje kunne lage teknisk utstyr som kan ta seg av oppgaver der datamaskiner må melde pass, slik som ved læring.

D. Sherrington (U. Oxford) behandlet matematiske modeller for neurale nettverk, hvor en må innføre store forenklinger. Den mest kjente modell er et Hopfield-nettverk, der alle neuroner er forbundet med alle andre neuroner. I det biologiske nettverk er bare bestemte områder forbundet. Dessuten arbei-

der Hopfield-nettverket tilfeldig og serielt, mens det i hjernen nyttes parallell prosessering. Videre har neuronene i modellen bare to tilstander, de er binære. (En kan se mange analogier med spinnglasstilfellet.) En læringsprosess kan innføres ved at en har en matrise med varierende synapsestyrker. Modellen fører til et tilstandsdiagram i et faserom for nettverket der en har attraktorer som systemet føres mot. Noen av bunntilstandene vil da tilsvare at systemet "husker" noe det har lært.

Antall spesialiserte celletyper – et mål for kompleksitet?

Forskjellen mellom biologi og fysikk kommer fram i artenes enestående egenskaper og deres kolossale informasjonsinnhold og evne til å behandle informasjon, noe som er resultatet av en 2–3 milliarder år lang utviklingshistorie. Restene etter denne utviklinga finner vi i forsteininger; men relikter etter utviklinga er ennå levende med oss. I encellete organismer, som bakterier og virus, foregår det kompliserte kjemiske aktiviteter. I flercellete oranismer foregår det dertil et komplisert samarbeid mellom noen hundre spesialiserte celletyper, hver med sine egne komplekse prosesser. En kunne definere graden av kompleksitet for en organisme som størrelsen på beskrivelsen av organismens oppbygning, utvikling og virkemåte. Paleontologen *J.W. Valentine* (UC, Berkely) ville foretrekke antall spesialiserte celler hos en art som et kompleksitetsmål siden det var så vanskelig å sammenlikne vesener med ulik kroppsoppbygging. Han foreleste om utviklinga av kroppsplanen hos flercellete dyr, og om hvordan dette ble avspeilt i arvemolekylenes økende størrelse og kompleksitet fra bløtdyr til pattedyr.

Gjennom kurset fikk vi et innblikk i hvordan en kan se med en fysikers øyne på biologiske fenomener. Ved bruk av kvantemekanikk kan en fysiker regne ut styrken og formen på kjemiske bindinger, men han kan ikke forklare de kjemiske prosessene i ei celle, eller hvordan arveegenskapene kan få makroskopiske uttrykk i kompliserte levende organismer. Innen biologien ser en de forbausende store utslag på et legeme av tilsynelatende små endringer i et kjempemolekyl; nesten alt som står "skrevet" der, er uttrykk for et meningsfylt innhold.

Kurset hadde til dels et preg av nyttehensyn, men det er vel slik grunnforskingen må stadfeste sin eksistensberettigelse på i våre dager. Alle forelesningene ga likevel grunnlag for undring og tankeflukt på et område der bidrag fra fysikere blir tatt vel imot. Etter min mening var dette et av de mest interessante kursene av denne art som er holdt på Geilo; og her har vi bare skissert litt av det som ble forelest. De norske bidragene er ikke omtalt. Boka med alle foredragene kommer ut i 1996.

Det vil bli holdt et liknende Geilokurs 2.–12. april 1997. En programkomité er i sving, og den har samlet seg om emnet *Dynamical properties of unconventional magnetic systems.*

∞

Bokomtale

Gordon Fraser, Egil Lillestøl og Inge Sellevåg: Ferden mot det uendelige, mot løsningen på universets mysterier. Grøndahl Dreyer, 1995 (144 sider), 398 kr.

Fra mikrokosmos til makrokosmos

Fysikk som skolefag er i krise. Det bør ingen undre seg over, for faget går for å være vanskelig. Derfor velger ikke elevene dette faget. En får nemlig såkalt generell studiekompetanse uansett hva slags merkelig fagsammensetning en tar ved videregående skole. I byråkratenes papirer og politikernes statistikk er da alt såre vel, og en kan påstå at vi har en skolert ungdom. I virkelighetens verden er ikke denne ungdommen kvalifisert til å ta fatt på et skikkelig fagstudium. Særlig gjelder dette fag som krever skikkelig bakgrunn i naturfag, som ingeniørutdanning, tekniske fag og universitetenes fysikkstudium. På sikt vil da næringsliv og kulturliv i landet bli skadelidende grunnet manglende kvalifisert arbeidskraft.

Spørsmålet blir da hvordan en skal vekke interesse for et såpass vanskelig fag. For faget er spennende, men krever møysommelig og systematisk arbeid. Jeg tror ikke det finnes noen snarlig og enkel løsning. Men Gordon Fraser, Egil Lillestøl og Inge Sellevåg har nå skrevet ei bok som må virke som ei inspirasjonskilde. Boka heter "Ferden mot det uendelige, mot løsningen på universets mysterier", og er utgitt på forlaget Grøndahl Dreyer. Den innledes med et lite forord av den legendariske Stephen Hawking. Boka er fylt med vakre fargeillustrasjoner, og her er et rikt bildemateriale.

I den første delen av boka blir vi med på ferden innover til atomenes indre. To og to sider er ordnet som egne små kapitler og behandler ett og ett emne. På det viset blir det god oversikt og orden på fram-

stillingen. Her møter vi først de gamle grekere, men passerer raskt over til Newton og Mendelejev. Så tar en fatt på den virkelige atomfysikken med pionérer som Röntgen, ekteparet Curie og Bequerel. Endelig kommer det avgjørende bruddet med klassisk fysikk, og vi stifter bekjentskap med Planck, Einstein, Rutherford og Bohr.

I 1920-årene forstår en virkelig at atomenes verden er kvalitativt forskjellig fra den verden våre sanser gir oss umiddelbar erfaring om. Den virkelige vanskeligheten blir å få en forståelse av en verden en ikke kan forestille seg. Da blir matematikken en særs viktig veileder. Her møter vi da kvantemekanikkens grunnleggere som Heisenberg, Born, Schrödinger, Pauli, Dirac og de Broglie.

Vi får en enkel, men grundig forklaring på virkemåte for de store akseleratorer som forskerne bruker i jakten på elementærpartikler. Vi får også greie på forskjellige metoder som eksperimentalfysikerne benytter for å spore opp de partikler som akseleratorene har produsert. Etter krigen er disse maskinene blitt så store og kostbare at de bare kan bygges med internasjonal innsats.

Men anstrengelsene har gitt resultater. En mener nå at partiklene bare består av seks forskjellige kvarker og seks forskjellige leptoner. Dertil kan en også betrakte vekselvirkningene mellom disse partiklene som utveksling av kraftpartikler. En nærmer seg i alle fall Einsteins drøm om en enkel altomfattende teori: Elektromagnetisme og radioaktive krefter beskrives allerede enhetlig, mens en håper å få med de sterke kreftene som holder atomkjerner samlet. Det siste trinnet ville være å få med tyngdekraften. Disse to siste foreningene vil nok kreve slike umåtelige energimengder at disse teoriene knapt nok kan sjekkes med noen akselerator det kan være håp om å bygge.

Men da er vi over på siste del av boka. For universet selv virket en gang som en kjempeakselerator. Det var i tiden like etter selve ursmellet, Big Bang, da universet ble født. Her får vi da høre om den mest fundamentale astronomiske oppdagelse i vårt århundre, nemlig at vi ikke lever i et stillestående univers. Selve universet eser som en bolledeig som står til heving. Dette fantastiske fenomenet finnes som en løsning av Einsteins feltlikninger for generell relativitetsteori. Løsningen ble påvist av russeren Friedmann og den belgiske presten Lemaître. Det var Edwin Hubble som viste at teorien virkelig beskrev virkeligheten da han oppdaget sammenhengen mellom hastighet og avstand for de fjerne stjernetåker.

Et univers som utvider seg må da ha vært mye tettere og varmere i fortiden. Gamow påviste at det kunne gi forklaring på opphavet til alt det helium vi finner i verdensrommet. Elektromagnetisk stråling fra denne tidlige epoken vil i dag finnes som svak radiostråling fra kosmos. Penzias og Wilson fant denne strålingen i 1964, og det var en nobelpris verdt. Nå har en til og med greid å påvise ørsmå ujevnheter i denne strålingen og håper derved å kunne avsløre flere detaljer om forholdene i det tidlige univers.

De tre forfatterne kan selvsagt heller ikke dy seg for å fortelle litt om eksotiske stjerner, som hvite dverger, der en teskje av stoffet veier flere tonn, og nøytronstjerner der et volum på størrelse med en vanndråpe kunne romme hele jordas befolkning.

Den merkeligste løsningen på Einsteins feltlikninger representerer nok det såkalte svarte hull. Her krummer gravitasjonen tid og rom slik at ikke en gang lys slipper vekk. Hawking viste at disse rare objektene vil fordampe, og fordampningen går rakst for små objekter, men er umerkelig når massen er av stjernestørrelse.

Jeg har i grunnen bare funnet én skikkelig bommert i boka. Et sted sies det at "Einsteins relativitetsteori viste at lyset forplanter seg med samme fart i vakuum". Dette er riktignok den ene av de to fundamentale antagelser for Einsteins relativitetsteori. Men det er bare naturen selv som kan gi svar på om verden virker etter dette prinsippet. Teorien spår, men naturen rår.

For et par tiår tilbake ble gymnasfysikken "modernisert". Mye klassisk fysikk fra varmelære og endog mekanisk likevektsprinsipp ble da skjøvet ut på bekostning av atomfysikk og astrofysikk. Disse nye emnene bar preg av populærvitenskapelig, kvalitativt preik. Men det må da være bedre at elevene lærer å benytte viktige og matnyttige prinsipper på problemer fra den verden de daglig opplever enn at de blir fortalt om alskens rariteter.

Boka til Fraser, Lillestøl og Sellevåg gjør populærvitenskapen overflødig i gymnasfysikken. Den bør være tvingende nødvendig for enhver som vil ha svar på vitenskapens mest grunnleggende spørsmål: Hvem er vi, og hvor er vi?

Henning Knutsen

∞

Konferanse

Spåtindkonferansen i partikkelfysikk

For fjortende gang møttes nordiske partikkelfysikere til konferanse på Spåtind høyfjellshotell. Det etter hvert så tradisjonsrike arrangementet hadde denne gang samlet bortimot 100 deltakere, hovedsakelig fra de nordiske land, men også fra flere ikke-nordiske institusjoner.

Denne konferansen oppmuntrer unge forskere til å delta, og var da også denne gangen preget av mange unge deltakere, deriblant ni hovedfags- og doktorgradsstudenter fra Norge. De inviterte foredragsholderne blir bedt om å ta hensyn til studentene, og de bruker derfor gjerne litt tid på en pedagogisk innføring av emnene. Dette er et trekk som gir denne konferansen sitt særpreg, og som gjør den spesielt egnet for en bred oppdatering av kunnskapene også for de eldre deltakerne.

Denne gangen var mye tid viet til bruddet på symmetrien mellom partikler og antipartikler, CP-brudd. En slik asymmetri ble første gang observert i systemer av nøytrale K-mesoner i 1964, men er foreløpig ikke sett i andre systemer. Imidlertid gir standardmodellen veldefinerte prediksjoner for CP-brudd i B-systemer, og vi fikk utførlig gjennomgang av teorien for dette samt beskrivelse av eksperimenter som planlegger å måle CP-brytende parametre i henfall av B-mesoner. Resultater fra LEP om oscillasjoner i B-systemene, ble også presentert.

Videre ble det fokusert på fysikk som kan gjøres ved den energioppgraderte versjonen av LEP (LEP2) som såvidt har begynt å levere elektron–positronkollisjoner. Det mest interessante her er det nye masseområdet som åpnes for søk etter Higgspartikkelen. Prospekter for Higgs-søk ved fremtidige maskiner (som f.eks. LHC) ble også gjennomgått.

Ikke lenge etter forrige Spåtindmøte ble det fra det amerikanske CDF-eksperimentet kunngjort sterke indikasjoner på at de hadde funnet toppkvarken. Dette er senere blitt stadfestet, og vi fikk for første gang ved Spåtind en presentasjon av data som påviser toppkvarken. Vi fikk også en informativ innføring i astropartikkelfysikk og en utførlig presentasjon av relaterte områder som faseoverganger i QCD og elektrosvak teori, og dessuten i tungionefysikk.

Arrangementet ble denne gang organisert av partikkelfysikkgruppen i København på en utmerket måte. Norsk Fysisk Selskap bidro med 6000 kr; en kjærkommen støtte til oppholdet for de ni norske studentene, og det er ekstra hyggelig å kunne rapportere at hele seks av dem bidro med interessante innlegg om sine studier.

Mannen som forutsa antimaterie, P.A.M. Dirac, ble minnet med en forelesning av Maurice Jacob fra CERN, som la vekt på den stigende nytte man har av antimaterie i partikkelfysikkeksperimenter, og i andre anvendelser i samfunnet forøvrig, som i medisinsk tomografi. Vi fikk også en gjennomgang av rammebetingelsene for partikkefysikk i de nordiske landene, samt en presentasjon av NORDITA.

Undertegnede sitter igjen med inntrykk av at deltakerne var meget fornøyde med arrangementet, særlig på grunn av det høye faglige nivået. Men denne konferansen er også spesielt populær på grunn av den gode sosiale stemningen og det høye sportslige aktivitetsnivået, og arrangørene trakk nok et lettelsens sukk da vi på arrangementets andre dag ble velsignet med en rimelig mengde nysnø!

Bjarne Stugu

∞

Trim i FFV

FFVT 1/96

En isolert platekondensator med ladning $\pm Q$ på platene har kapasitans C. Den koples, som figuren viser, i parallell med en identisk kondensator uten ladning. Tilkoplingsledningene forutsettes å være uten motstand (superledende). Etter tilkoplingen er ladningen den samme og den totale kapasitans for systemet er $2C$. Energien som før var $Q^2/2C$ er nå $Q^2/4C$. Hvor er energien blitt av?

Løsning FFVT 4/95

Dette var problemet: I et bridgespill har Nord og Sør til sammen 6 spar blant sine 26 kort. Etter at begge har kastet to spar hver i de to første stikkene kan de gjenværende to sparene sitte én hos hver (1–1) eller begge hos en spiller (2–0). Sannsynligheten for 1–1 fordeling av de 2 sparene ble beregnet til $\frac{11}{21}$, *større* enn

sannsynligheten $\frac{10}{21}$ for 2–0 fordeling. På den annen side var ved starten av spillet sannsynligheten for jevn fordeling (3–3) av de 6 sparene *mindre* enn sannsynligheten for 4–2 fordeling. Hvor er feilen?

En kunne kanskje tro at etter å ha sett at begge spillere har minst to spar vil sannsynlighetsberegningen ved starten av spillet måtte modifiseres på grunn av denne informasjonen. Men dette rokker ikke ved at *forholdet* mellom 4–2 og 3–3 fordelingene er

$$\frac{390}{805} / \frac{286}{805} = \frac{15}{11},$$

så feilen ligger ikke her.

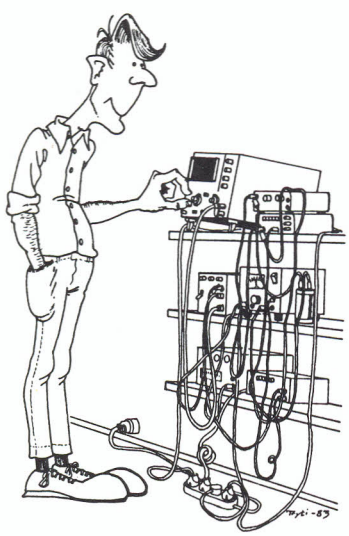
Feilen ligger derimot i at alle fordelinger av de 2 sparene pluss de 20 andre kortene *ikke* er like sannsynlige, forhistorien kommer inn. Den underliggende antagelse for alle slike kortfordelingsproblemer er perfekt stokking, det vil si at alle kortfordelinger *ved spillets begynnelse* er like sannsynlige. Sannsynlighetene for å finne fordelingene 2–0 og 1–1 må derfor forholde seg som 15 : 11, ikke som 10 : 11.

For å se sammenhengen mellom de to beregningsmåter eksplisitt, kan en resonnere som følger: For et gitt utgangspunkt med 4–2 fordeling er det 6 mulige måter spilleren med 4 kort kan kvitte seg med to spar, altså er det 6 mulige 2–0 fordelinger. For et gitt utgangspunkt med 3–3 fordeling er det derimot $3 \cdot 3 = 9$ mulige 1–1 fordelinger etter at to runder er gått. Forholdet mellom antall mulige 2–0 fordelinger og 1–1 fordelinger er derfor

$$\frac{15}{11} \cdot \frac{6}{9} = \frac{10}{11},$$

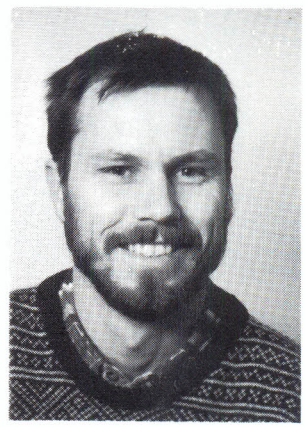
presis hva vi fant ved (feilaktig) å anta at alle fordelinger var like sannsynlige også på dette stadium!

∞



Nye Doktorer

Svein Eirik Aasen



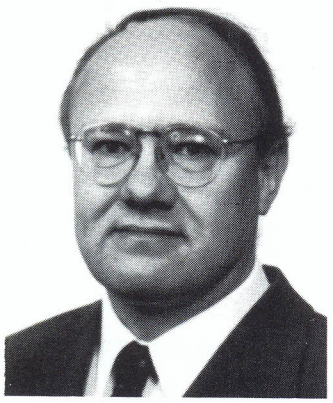
Svein Eirik Aasen forsvarte den 19. desember 1995 avhandlingen *The Skipheia Wind Measurement Station. Instrumentation, Wind Speed Profiles and Turbulence Spectra* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Trondheim. Oppgaven er utført ved Fysisk institutt, AVH, med førsteamanuensis Jørgen Løvseth som faglig veileder.

Aasen har arbeidet med oppbygging av en avansert målestasjon for turbulent vind. Stasjonen er plassert ved Titran på Frøya. Sekundverdier for vindhastighet, vindretning, stråling og temperatur for høyder opp til 100 m i 3 master, er samlet inn over en periode på flere år. Dette har gitt data som er unike i internasjonal målestokk. Vindens variasjonsmønster i høyde og frekvens er undersøkt og modellert. Målingene og modelleringene som Aasen har gjennomført gir viktig kunnskap om vindbelastning på konstruksjoner under ekstreme vindforhold, slik som under nyttårsorkanen i dette området i 1992. De er også viktige for å vurdere vindenergi som ressurs, og for å kunne konstruere optimale vindkraftverk. For elektrisitetsproduksjon er vindenergi den mest lovende av de nye fornybare energiressursene, og kystområdene i Trøndelag og Nordland er aktuelle utbyggingssteder.

Aasen ble cand.scient. ved Fysisk institutt, AVH, i 1989, og har også vært ansatt der som stipendiat. For tiden deltar han på et samarbeidsprosjekt mellom Universitetet i Trondheim og Universitetet i Durban, Westville.

∞

Per Helge Andersen



Cand.real. Per Helge Andersen ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), Kjeller, forsvarte den 29. april 1995, sin avhandling *High-Precision Station Positioning and Satellite Orbit Determination* for den filosofiske doktorgrad ved Universitetet i Oslo.

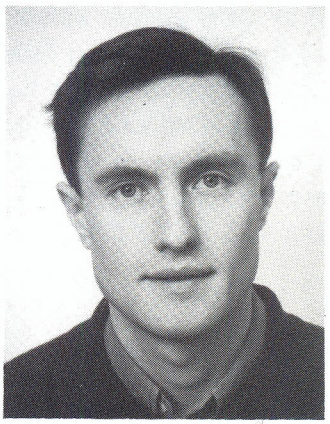
Temaet for avhandlingen er presis stedfesting ved hjelp av laser- og radiomålinger mot satellitter og kvasarer. Målinger av avstand og radialhastighet til satellitter fra bakkestasjoner i kjente posisjoner, benyttes til beregne nøyaktige baner for satellittene, som så tjener som trianguleringspunkter for bakkestasjonener som skal stedfestes. Andersen har analysert data fra flere satellittsystemer (GPS, LAGEOS, ETALON, ERS-1) og oppnår nøyaktigheter på noen centimeter i stedfestingen.

Enda bedre nøyaktigheter oppnås med en teknikk (VLBI - Very Long Baseline Interferometry) som måler avstanden mellom to radioteleskoper ved hjelp av forskjellen i gangtid mellom signaler mottatt fra kvasarer som er så langt borte at en kan anta at de ligger fast i rommet. Andersen har analysert data fra et verdensomspennende nett av VLBI-stasjoner.

Andersen har høstet internasjonal anerkjennelse for sine resultater. Han har utviklet et avansert analyseprogram, GEOSAT, som er det eneste i verden som kan kombinere de forskjellige datatypene i *en* optimal løsning. Arbeidet har utspring i et prosjekt som i sin tid ble startet opp ved FFIs matematikkseksjon under ladelse av professor Kaare Aksnes (nå ved Institutt for teoretisk astrofysikk, UiO) som fortsatt er en samarbeidspartner.

∞

Håvard Eidsmoen



Siv.ing. Håvard Eidsmoen forsvarte 26. januar 1996 avhandlingen *On theory and simulation of heaving-buoy wave-energy converters with control* for dr.ing.-graden ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Arbeidet er en del av et prosjekt med å utvikle kostnadseffektive bølgekraftverk. Bølgekraftverk av typen svingende bøye er undersøkt, og det er lagt vekt på å studere hvordan energiproduksjonen kan økes ved å bruke et maskineri som kan styre svingebevegelsen best mulig i forhold til bølgene. I arbeidet har det inngått å bestemme de hydrodynamiske parametrene til kraftverket, og å etablere matematiske modeller i frekvens- og tidsplanet. Disse er blitt brukt for å bestemme den optimale bevegelsen for bøyen.

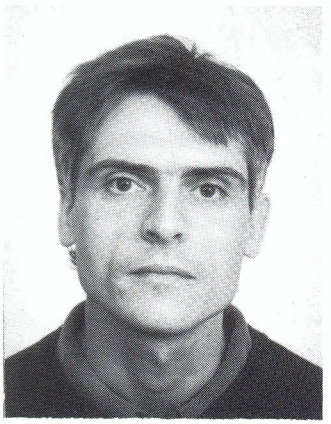
Numeriske simuleringer er blitt utført for en bøye med et hydraulisk maskineri, og det er vist at energiproduksjonen kan økes betraktelig når maskineriet benyttes aktivt for å styre svingningen. I tillegg vil energiproduksjonen variere mindre med bølgeforholdene etter som været skifter. Styringen kan også brukes til å beskytte kraftverket i store bølger.

For å bestemme den optimale styringen i irregulære bølger, er det nødvendig å prediktere den innfallende bølgen. Det er diskutert forskjellige metoder for å utvikle sanntids styrestrategier. Hvor mange sekund inn i fremtiden det er nødvendig å prediktere bølgen, avhenger av styrestrategien og av størrelsen på bøyen.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk med professor Johannes Falnes som hovedfaglærer. Forsker Per Magne Lillebekken har også deltatt i veiledningen. Håvard Eidsmoen ble utdannet siv.ing. fra Fakultet for fysikk og matematikk ved NTH, i 1991.

∞

Svein Gjølmesli



Cand.scient. Svein Gjølmesli har tatt graden doktor ingeniør ved Norges tekniske høgskole med avhandlingen *Critical State and Vortex Dynamics in High Temperature Superconductors: Experimental and Numerical Investigations.*

Etter at høytemperatur superledere ble oppdaget i 1987 har det vokst frem en bred internasjonal forskningsinnsats for å gjøre disse superlederne teknologisk anvendbare. Gjølmesli har utført magnetiske og elektriske målinger på høytemperatur superledere for å kartlegge mekanismene som leder til energitap. Kjennskap til dynamikken for flukslinjer er viktig for å kunne øke den strømbærende kapasiteten og redusere tapet. Flere forskjellige materialer er studert.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk med professor Kristian Fossheim som hovedfaglærer og veileder.

Svein Gjølmesli ble utdannet ved Universitetet i Trondheim, AVH, i 1989.

∞

Hva skjer

Fysikkolympiaden 1996

Fysikkolympiaden 1996 nærmer seg med stormskritt, og i tiden 30. juni til 7. juli vil det kry av unge lovende fysikere fra 55 land, på Blindern. Selv om arrangementet finner sted i Oslo, er dette en begivenhet for hele Fysikk-Norge. Det norske laget har Kårmund Myklebost og Ingerid Hiis Helstrup, Bergen, ansvaret for, både for uttaket og for intens(!?) trening. I Trondheim står Per C. Hemmer og hans medarbeidere, for utformingen av de teoretiske oppgavene, og i Oslo utarbeider Børge Holme, Tom Henning Johansen og medarbeidere, opplegget for den praktiske eksamen. Organisasjonskomiteen består nå av 12 personer, de fleste fra UiO. Eivind Osnes tar seg av finansieringen, og det er en særdeles viktig og vanskelig oppgave når budsjettet er på 4,5 millioner kroner! Så har du gode kontakter til industri eller andre som kanskje kan bidra med midler eller materiell, er vi takknemlige for tips.

Invitasjonene ble sendt ut i januar, og vi skal få inn alle opplysninger før 31. mai. Vi regner med om lag 275 deltakere, 110 ledere og et foreløpig ukjent antall observatører og besøkende. Hvert lag vil få en guide som kan hjelpe laget gjennom de ulike arrangementene. Dette er nå stort sett i boks, men vi trenger språkkyndige mennesker som kan hjelpe oss med å dechiffrere besvarelsene. Hver student skriver nemlig på sitt eget morsmål, og dersom du har sett en besvarelse på arabisk, thai eller kinesisk, skjønner du at vi trenger noen som kan språket! Dersom du kjenner noen som kan et eller annet eksotisk språk, og som er i Oslo 2.–5. juli, ville vi sette stor pris på om du gir oss et vink. Ta da gjerne kontakt med Øyvind Sørensen (tlf. 22 85 64 29, e-post: oyvind.sorensen@fys.uio.no).

Åpningsseremonien blir i Oslo rådhus 1. juli, med hilsener fra ordføreren i Oslo, rektor ved UiO og formannen i Norsk Fysisk Selskap bl.a. Avslutningsseremonien blir i Universitetets Aula den 6. juli, med utdeling av medaljer og premier. Festmiddagen blir på Najaden Restaurant på Sjøfartsmuseet. Ellers vil vi gi deltakere og ledere en del sightseeing i Oslo og båttur på fjorden, men alle detaljer vil vi ikke røpe nå.

Du kan lese mer om arrangementet på våre Websider. Se under http://www.fys.uio.no/ipho/.

Arnt Inge Vistnes
Tlf: 22 85 56 46, e-post: a.i.vistnes@fys.uio.no

∞

EPS-konferanse i Sevilla

Den 9–13. september 1996 arrangerer European Physical Society sin 10. hovedkonferanse, *Trends in Physics*, i Sevilla i Spania. En internasjonal programkomité har invitert 22 fremragende foredragsholdere for å presentere det nyeste innen fysikkfaget. Parallelt med foredragene vil det bli holdt 17 symposier, en omfattende posterseksjon, korte innlegg fra konferansedeltakerne og en utstilling der ledende industribedrifter og forlag presenterer sine produkter.

Foredragene og symposiene spenner over de aller fleste fagområder innen fysikken, fra kvanteteori og elementærpartikkelfysikk til klimaproblematikk og

fysikkformidling. Deltakerne på konferansen er velkomne til å bidra med egne innslag: postere eller korte innlegg. En bok med "abstracts" vil bli delt ut i forbindelse med konferansen.

I tillegg til det faglige programmet, legges det opp til sosialt samvær med bl.a. velkomsttreff, omvisninger og bankett med middag.

Tidsfrister:
Innsending av abstracts: 1. april
Påmelding: 15. mai
Sen påmelding (tillegg i avgift): 15. august
Hotellreservasjon (organisert av EPS): 15. mai

Deltakeravgift (før 15. mai):
Individuelle medlemmer i EPS (IOM): 30.000 esp
Studenter: 15.000 esp
Øvrige medlemmer i NFS: 35.000 esp
Ikke medlemmer: 44.000 esp

Ønsker du mer informasjon om konferansen kan du ta kontakt med Norsk Fysisk Selskaps Sekretariat, Fysisk inst., UiO, Postb. 1048 Blindern, 0316 Oslo, e-mail: tove.svendby@fys.uio.no, tlf: 22 85 56 41, eller:

EPS10 Organizing Secretariat
PROCONSUR
Avda. San Francisco Javier 15, 4º
E-41018 Sevilla, Spain.
e-mail: EPS10@CICA.ES
Tlf: (34-5) 492 27 55
Fax: (34-5) 492 30 15

∞

Rondablikkseminaret 1996

Det tiende Seminaret i kondenserte fasers fysikk og kjemi vil som vanlig bli holdt på Rondablikk Høyfjellshotell, 2650 Kvam, 19.–22. september i år. Etter forslag fra forskere innen fagfeltet er følgende forelesere invitert:

M.S. Espedal Norges forskningsråd:
Grunnforskning–Norges forskningsråd
E. Zeldov Israel:
Superconductivity
I. Lindau MAX-lab., Lund:
Surface science
A. West University of Aberdeen:
Solid state chemistry
G. Botton, University of Cambridge:
Energy Loss Spectroscopy
D. Richter Forschungzentrum Julich:
Neutron Scattering
M. Paalanen Helsinki Univ. Technology, Espoo:
Semiconductor Physics.

Som vanlig vil IBM-prisvinneren bli invitert. I tillegg vil det være korte innlegg og eventuelt poster fra deltakerne. Spørsmål og påmelding til Bjørn C. Hauback, Fysikkavd., IFE, Pb. 40, 2007 Kjeller. Tlf: 63 80 60 78, fax: 63 81 09 20, e-post: bjorn@ife.no

∞

Nytt fra NFS

FYSIKERMØTET 1996

Det tradisjonelle Fysikermøtet holdes i år i Trondheim i dagene fra mandag 24. til onsdag 26. juni. Foreløpig program og påmeldingsskjema er tatt inn i dette nummer av FFV. Vi ber om at påmeldingen ikke utsettes!

I programmet har vi tatt sikte på å presentere noe av fysikken ved det "nye" landsdekkende universitetet i Norge, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, NTNU, som skal bringe det beste fra NTH og AVH videre. Vi ønsker særlig å fokusere på tekniske og praktiske anvendelser av fysikk. Ellers går programmet fra framtida for svensk kjerneenergi til svarte hull. Faggruppe for undervisning vil ha en særlig diskusjon om fysikkundervisningen i skoler og ved universiteter.

Arrangementskomité er Ivar Svare, Svein Sigmond, Thor Bernt Melø og Erlend Østgaard.

Eventuelle spørsmål om arrangementet kan rettes til tlf: 73 59 36 42.

Reisestipend til Fysikermøtet

Styret i NFS har som tidligere bevilget penger til reisestipend for lærere i skoleverket og hovedfagsstudenter som ønsker å delta på Fysikermøtet i Trondheim i juni 1996. De som mottar stipend slipper å betale registreringsavgift. Søknad sendes til styret ved Tove Svendby. Se adresse på bladets bakside.

Hilsen arrangementskomiteen

∞

ÅRSMØTET 1996

Norsk Fysisk Selskap innkaller herved til årsmøte på Universitetet i Trondheim onsdag 26. juni 1996, kl. 1050. Saker som ønskes tatt opp under møtet må være innsendt til styret senest 3 uker før.

Sakliste:

1. Godkjenning av innkalling og sakliste
2. Årsmelding
3. Regnskap for NFS og FFV
4. Budsjett for NFS og FFV
5. Valg:
   a) president
   b) 2 styremedlemmer
   c) 2 varamedlemmer
   d) 2 revisorer
   e) 1 vararevisor
6. Norsk Fysikkråd
7. Norsk fysikklærerforening
8. Fysikermøtet 1996
9. Eventuelt

Februar 1996
Styret

∞

Seminar: Nettverk for kvinner i fysikk NTNU, Trondheim, 27. juni 1996

Vi følger opp suksessen fra "Klart det går" som ble arrangert i forbindelse med fysikermøtet i Oslo, 1993. Dagen etter fysikermøtet i Trondheim holder vi et dagsseminar for alle nettverkets medlemmer og andre interesserte. Foreløpig program vil være: Før lunch ønsker vi å ha en fysikk-jente stafett, der så mange som mulig, gjennom korte innlegg, presenterer noen av de problemstillingene de arbeider med. Her ønsker vi å få fram bredden i faget, og vi håper at problemstillinger innenfor fysikkrelatert forskning, industriutvikling (prosess og produkt) og undervisning, vil bli belyst. Etter lunch vil vi ta opp spørsmål som berører karriereplanlegging for jenter i teknologisk virksomhet (stat og privat sektor / forskning, industri og undervisning). Virker denne? Vi vil avslutte med et innlegg og diskusjon omkring rekruttering av jenter til fysikk i videregående skole og universtitetet. Hva skjer, og hva har skjedd på 10 år?

Interesserte kan melde seg til en i styret for å få tilsendt endelig program og melde fra om innlegg.

Førsteaman. Berit Kjeldstad, NTNU; tlf:73591995, fax: 73 59 18 52, e-post: berkje@alfa.avh.unit.no

Førsteaman. Hilde Hemmer, HiO; tlf: 22 45 33 24, fax: 22 45 32 05, e-post: HILDEH@pc.iu.hioslo.no

Rådgiver Bente Lilja Bye, NFR; tlf: 22 03 73 71, fax: 22 03 73 62, e-post: bente-lilja.bye@nfr.no

∞

NFS og FFV på Internett

Informasjon om Norsk Fysisk Selskap og Fra Fysikkens Verden er nå tilgjengelig via internett.

NFS: http://www.fys.uio.no/~tovesv/nfs.htm

FFV: http://www.fys.uio.no/fys.ffv/index.htm

∞

Nye medlemmer tatt opp 12. januar 1996:

Professor Ragnar Fjelland
Senter for vitenskapsteori, UiB, Allégt. 32, 5020 Bergen

Forsker Liv Gjønnes
Bjartvn. 20, 0687 Oslo

Førsteamanuensis Erik Halvorsen
Høgsk. Telemark, Avd. lærerutd., 3670 Notodden

Cand.scient. Runar Jørgensen
Erich Mogensønsv. 20, 0594 Oslo

Student Solveig Helene Kjus
Kristiansandsgt. 5, Leil. 508, 0463 Oslo

Stipendiat Johne Alex Larsen
Norsk Hydro Forskningssenter, Sandsliv. 90,
5020 Bergen

Forsker Karianne Pran
FFI, Avd. E, Pb. 25, 2007 Kjeller

Stipendiat Audun Sanderud
Fysisk inst., UiO, Pb. 1048 Blindern, 0316 Oslo

Stipendiat Tor Standnes
Fysisk inst., UiB, Allégt. 55, 5007 Bergen

Stipendiat Anders Sørnes
Fysisk inst., UiO, Pb. 1048 Blindern, 0316 Oslo

Postdok. Karsten Trulsen
Matem. inst., UiB, Joh. Bruunsgt. 12, 5008 Bergen

Professor Arthur D. Van Rheenen
Nordlysobservatoriet, IMR, 9037 Tromsø

∞

Foreløpig program for Fysikermøtet i Trondheim 1996

Mandag 24 Juni.

9.00 - 10.00 Registrering, kaffe.
10.00 - 10.30 Åpning av møtet, Forskningsdirektør Jacob Hygen: Presentasjon av NTNU.
10.30 - 11.15 Sten Kjellman, Energikommisjonen, Sverige: Framtid for svensk kjerneenergi.
11.15 - 11.50 Pål-Eric Øren, Statoil: Modellering av strømning i porøse media.
11.50 - 12.30 Rune Holt, NTNU: Sedimentære bergarter og materialfysikk.
12.30 - 14.00 Lunsj.
14.00 - 14.40 John Attard, Sintef: NMR, some industrial applications.
14.40 - 15.20 Lars Hoff, Nycomed: Ultralyd kontrastmidler.
15.20 - 15.40 Kaffe
15.40 - 17.00 Påmeldte foredrag. 16.00 - 17.00 Omvisning på MR sentret, Regionsjukehuset.

19.00 - 20.30 Omvisning og servering på Statoil-laboratoriene, Leangen.
20.30 - ..... Dersom godvær, «Sankthanskveld» på stranda. Pølser og tilbehør.

Tirsdag 25 Juni.

9.00 - 9.45 John Hertz, Nordita: Neural networks.
9. 45 - 10.30 Hallstein Høgaasen, UiO: Sonoluminisens. Lyd blir lys.
10.30 - 10.50 Kaffe.
10.50 - 11.25 Svein Winther, Sintef: Optisk måleteknikk i industrien.
11.25 - 12.00 Ragnvald Høier, NTNU: Materialstudier med elektronmikroskop.
12.00 - 12.30 Steinar Gulliksen, Radiologisk datering: Akseleratorbasert C14 datering.
12.30 - 14.00 Lunsj.
14.00 - 14.45 Cari Angell, UiO: Elevers «forståelse» av fysikk.
14.45 - 15.15 Øystein Falck m. fl.: Skolelab. forsøk i fysikk.
15.15 - 15.35 Kaffe.
15.35 - 16.05 Egil Lillestøl, UiB: Bruk av Internett i fysikkundervisningen.
16.05 - 16.50 Thorarinn Stefansson: Fysikklab. ved NTNU.
17.00 - 18.00 Årsmøter i Faggruppene.

19.00 - Festmiddag på Lian Restaurant.

Onsdag 26 Juni.

9.00 - 9.45 Axel Brandenburg, Newcastle: Accretion onto black holes.
9.45 - 10.30 Henning Heiselberg, Nordita: Hot and superdense matter.
10.30 - 10.50 Kaffe.
10.50 - 12.30 Årsmøte i Norsk Fysisk Selskap.
12.30 - 14.00 Lunsj.
14.00.- 14.45 Utdeling av IBM pris, Prisforedrag.
14.45 - 15.20 Arnljot Elgsæter, NTNU: Materialegenskaper til lange molekyler.
15.20 - 15.40 Kaffe.
15.40 - 16.15 Alex Hansen, NTNU: Sand, selvorganisering og skalering.
16.15 - 16.50 Bo-Sture Skagerstam, NTNU: Kvante-optikk.
16.50 - Avslutning.

Torsdag 27 Juni.

Seminar arrangert av Nettverk for kvinner i fysikk, se egen omtale.

PÅMELDING TIL

FYSIKERMØTE I TRONDHEIM

mandag 24 - onsdag 26 juni 1996

Navn:..... Telefon:.....

Adresse:..... Telefax:.....

..... E-mail:.....

..... Signatur:.....

Jeg melder på .....personer til omvisning på **Statoil**, Leangen, 24. juni.

Jeg melder på .....personer til **Festmiddag** på Lian Restaurant 25. juni (kr. 400.- pr person).

Jeg ønsker å delta i seminar om **Nettverk for kvinner i fysikk** 27. juni Ja ☐

Jeg ønsker å presentere et kort **foredrag** (maksimalt 15 minutter):

Tittel:.....

.....

Jeg vil eventuelt være interessert i å presentere dette som **poster** Ja ☐ Nei ☐

Jeg ønsker **innkvartering** for .....voksne og.....barn for nettene (sett kryss)

☐23-24/6 ☐24-25/6 ☐25-26/6 ☐26-27/6

☐ Singsaker Sommerhotell ☐ Enkeltrom, kr. 275.- ☐ Dobbeltrom, kr. 430.-

☐ Hotell Chesterfield ☐ Enkeltrom, kr. 625.- ☐ Dobbeltrom, kr. 725.-

Prisene er pr. rom pr. natt med frokost, og betales direkte til hotellet.

Møtet holdes i **Aud. KS1, Kjemi, NTNU, Gløshaugen (NTH).**

Konferanseavgift: Kr. 500.- ved registrering før 1. mai, kr. 600.- etter 1. mai.
Gratis for lektorer i den videregående skole og for studenter.

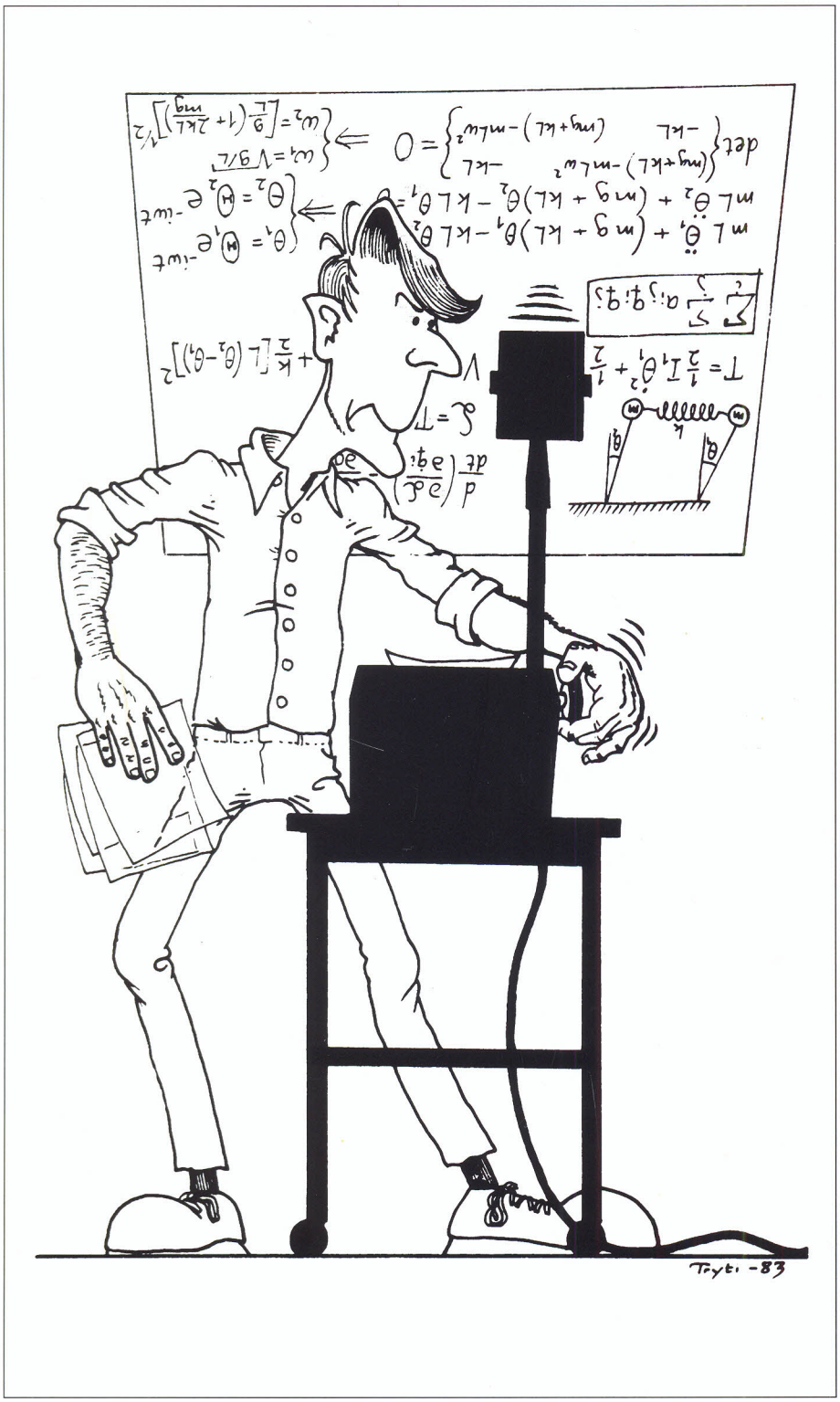
Påmelding innen 1. mai (eller snarest mulig hvis innkvartering er nødvendig) til:

«Fysikermøtet 1996» Institutt for Fysikk, NTNU, 7034 Trondheim NTH.
Bankkonto 8601.62.97838. Innbetalt kr.....

Eventuelle spørsmål om arrangementet kan rettes til telefon 73 59 36 42.
Dette skjema i utfylt stand kan faxes til «Fysikermøtet 1996», Fax 73 59 36 28.

KUNDEBLAD

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



Apropos Fysikermøtet

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Thormod Henriksen,
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Visepresident:
Professor Erlend Østgaard,
Fysisk inst., AVH, Univ. Trondheim.

Styremedlemmer:
Stipendiat Leni Grant,
Nordlysobs., Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Førsteamanuensis Anders Isnes,
SLS, Fysisk inst., Univ. Oslo.

Selskapets sekretær:
Stipendiat Tove Svendby,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 56 41, Fax.: 22 85 56 71
E-mail: tove.svendby@fys.uio.no
Postgiro: 0802 5883889
Bankgiro: 5102.05.42806

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. f. mat. realfag, Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup,
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer,
Inst. f. fys., NTH, Univ. Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. f. teor. astrofys., 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-mail:
oivin.holter@fys.uio.no
finn.ingebretsen@fys.uio.no
karl.maseide@fys.uio.no
Postgiro: 0807 5104724
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen.
Årsabonnement kr. 100. (Studenter kr. 50.)
Løssalg kr. 30 pr. nummer.

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