Fra Fysikkens Verden

Nr. 4 – 1998
60. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Tove Svendby:
Et arktisk forskningseventyr 95
Per Osland og Geir Vigdel:
Har nøytrinoene masse? 99
Jan Myrheim:
Nobelprisen i fysikk 1998 103
Fra Redaktørene 94
In Memoriam 94
Stein Lidvar Ullaland
Fra Fysikkens Historie 106
Hans Christian Ørsted
Fysikk i Skolen 108
Fysikkfaget i videregående skole
Bokomtale 110
Nye Doktorer 111
Ph. D. Ronny A. Albrechtsen
Dr.ing. Annik Magerholm Fet
Dr.scient. Tore Guneriussen
Dr.scient. Are Haugan
Dr.ing. Christian Heinlein
Dr.scient. Inger Solheim
Dr.scient. Tor Standnes
Dr. scient. Hege Urkedal
Dr.ing. Hilde Johnsen Venvik
Dr.scient. Bjørn Gerry Viksund
Trim i FFV 117
Hva skjer 117
Biofysikermøtet 1999
Fysikermøtet 1999
EPS-konferansen 1999
Kr. Birkeland hedret i Japan
Nytt fra NFS 118
Priser til utdeling
Ny internettadresse for NFS
Nye medlemmer

ISSN-0015-9247

Forskningsstasjonen SHEBA i Beauforthavet
(Se artikkel)

Fra Redaktørene

Fysikkfagets tilstand i den videregående skole er et stadig tilbakevendende tema, så også i dette nummer av FFV. Vi i redaksjonen ser gjerne at bladets sider blir arena for en seriøs debatt om temaet. Her følger vårt lille bidrag.

Situasjonen i norsk videregående skole er i dag meget god når det gjelder lærerstaben. En stor del av fysikklærerne har hovedfag, og det arbeides meget seriøst både innen- og utenfor skolens fire vegger for å holde en høy faglig standard. Dette er en ganske unik situasjon, også i internasjonal sammenheng. Problemet er at denne udmerkede lærerstaben har en svært skjev aldersfordeling med en skarp topp. I den kommende 10-års periode vil toppen bevege seg ut over "pensjoniststupet". Når det da ikke er påfyll av yngre krefter, vil fysikkfaget i norsk skole om få år stå i fare for å følge med utfor. Og da kan "toget være gått" for en faglig redningsaksjon.

Med fare for å gjenta oss selv; hva i all verden kan gjøres for å få dyktige unge fysikere til å velge skolen som arbeidsplass? Flere idéer har vært lansert; spørsmålet om lønn og om muligheter til løpende faglig fornyelse og oppdatering er opplagt.

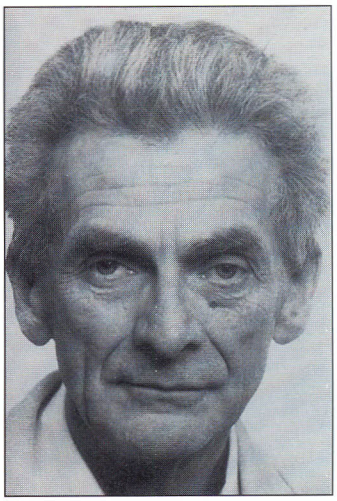
Det er imidlertid ett åpenbart tiltak som vi mener kan bidra til å bedre situasjonen: De aller fleste kandidater som velger å gå videre for å ta en doktorgrad får lønn. Dette medfører ingen økonomisk dans på roser, men det er en situasjon det går an å leve med i et begrenset tidsrom. Kandidater som velger skolen må ta en pedagogisk tilleggsutdannelse som normalt tar ett år. Dette året kommer i tillegg til en lang studietid, med tilsvarende ekstra studielån.

Et opplagt tiltak burde derfor være å gi lønn under denne tilleggsutdannelsen. Dette er faktisk ikke noen form for spesialbehandling; vi betrakter det nærmest som et likestillingstiltak. At disse kandidatene ikke får lønn dette året, mens det i de fleste andre profesjonsutdannelser med tilsvarende lengde gis lønn, er urimelig. Vårt forslag er derfor ingen nødløsning, det er faktisk et rimelig og rettferdig tiltak. Hvem fanger opp denne ballen?

∞

In Memoriam

Stein Lidvar Ullaland (1935–1998)



Professor Stein Lidvar Ullaland døde den 10. oktober 1998. Han var født den 11. april 1935 i Sunnfjord. Ullaland tok cand.real.-eksamen i 1963 med fysikk (plasmafysikk) som hovedfag. Han var deretter forskningsstipendiat ved Universitetet i Bergen, og ett år Alexander von Humboldt-Stiftung stipendiat ved Max-Planck-Institut für Aeronomie i Tyskland, før han ble ansatt som amanuensis ved Fysisk institutt, Universitetet i Bergen, i 1966, førsteamanuensis fra 1985 og professor samme sted fra 1996.

Stein Ullaland hadde romfysikk som sitt forskningsområde. Han var med omtrent fra starten i dette nye fagfeltet som fikk sin begynnelse på slutten av femtitallet med de første satellittene i det jordnære verdensrom. I de seinere åra engasjerte han seg også sterkt innen fagfeltet mikroelektronikk. Innen romfysikk var hans arbeid knyttet til koplingen mellom jordens magnetosfære og den polare ionosfære. Forskningen var spesielt rettet mot studier av det varme plasmaet i magnetosfæren, akselerasjonsmekanismer for ladete partikler, partikkelnedbør i den øvre atmosfæren og sekundæreffekter av nedbøren under magnetosfæriske substormer. I sin forskning benyttet han et bredt spektrum av eksperimentelle teknikker, fra bakkebaserte målinger til instrumenterte ballonger og satellitter. Stein Ullaland ledet flere store internasjonale ballongprogram som kuliminerte i SBARMO-79 hvor en gjorde ballongmålinger koordinert med målinger

fra satellitten GEOS-2. SBARMO-79 var særdeles vellykket og resulterte i en lang rekke publikasjoner. Stein var også med og instrumenterte flere vitenskapelige satellitter. I de seinere årene arbeidet han spesielt med instrumenter for CLUSTER-satellittene.

Stein så meget tidlig at skulle en få den best mulige utnyttelsen av satellittene, så måtte instrumenteringen gjøres mindre og effektforbruket måtte reduseres samtidig som funksjonaliteten måtte forbedres. Stein tok konsekvensen av dette og startet oppbyggingen av fagfeltet mikroeleketronikk ved Fysisk institutt, et fagfelt som i dag har solid status ved instituttet og som har vært viktig også for framveksten av andre eksperimentelle virksomheter ved instituttet. Stein var aktivt med i undervisningen og gjorde en stor innsats spesielt ved oppbyggingen av laboratoriekurs og innen mikroelektronikk. Han var også veileder for mange hovedfags- og doktorgradsstudenter.

Det var en stor skuffelse for romfysikkmiljøet da bæreraketten for CLUSTER-satellittene sviktet. Stein hadde nedlagt flere års arbeid på elektronikken for instrumenter på disse satellittene, men fikk ikke være med å høste fruktene av denne store innsatsen. Heldigvis fikk han gleden av å se noen av sine konstruksjoner og ideer realisert i satellitten GEOTAIL, som nå i over seks år har gitt verdifulle observasjoner fra rommet omkring jorden.

Stein Ullaland hadde gode evner som leder og koordinator. Disse egenkapene førte til at han fikk mange verv på Fysisk institutt og også på høyere nivå ved Universitetet i Bergen og i nasjonal sammenheng. Her skal nevnes at han var styrer ved Fysisk institutt i årene 1986 til 1989, hvor han spesielt arbeidet aktivt for å utvide instituttets faglige område til også å omfatte anvendt fysikk i undervisning og forskning. Han var leder eller medlem, i en rekke komiteer og utvalg relatert til IT-strategi ved Universitetet, og han var medlem av NTNFs komité for romforskning i 1975–1978 og i tilsvarende komité i NAVF i 1988–1993.

Stein Ullaland var en rakrygget person som var høyt respektert og avholdt blandt kolleger, venner og medarbeidere. Vi har mistet en god venn og kollega. Han gikk bort så altfor tidlig, og vi savner han sårt.

Jon Bjordal
Kjell Brønstad
Johan Stadsnes
Finn Søraas
Kjell Aarsnes

∞

Et arktisk forskningseventyr

Tove Svendby *

I mer enn ett år, fra oktober 1997, har en fransk–canadisk isbryter drevet rundt med ismassene nord for Alaska. Den har vært base for et stort internasjonalt forskningsprosjekt med formål å løse noen av gåtene innen den globale klimaproblematikken. Flere norske forskere med tilknytning til Universitetet i Alaska, har deltatt i prosjektet. Selv har jeg vært en av de heldige som fikk oppleve dette moderne forskningseventyret på nært hold.

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Reisen mot isødet

Etter mer enn to timers flytur fra Deadhorse, nord i Alaska, begynner Twin Otter maskinen å forberede seg på landing. Det har ikke vært tegn til sivilisasjon siden avgang, og en uendelighet av is og snø har preget utsikten fra horisont til horisont. Det kribler i magen. Om få minutter vil jeg møte mitt nye "hjem" for de neste to månedene, den fransk-canadiske isbryteren Des Groseilliers.

"Velcome to SHEBA international airport" – det hjemmesnekrede skiltet lyser imot meg idet flyet lander og foretar en snumanøver på isen. Jeg puster

lettet ut. Bare et par dager i forveien ble flystripa ødelagt av gigantiske issprekker. Flyplassansvarlig "Jumper" har jobbet iherdig for å utbedre skadene og gjøre det mulig å lande – med stort hell. En mykere og mer behagelig landing kunne neppe vært utført.

Kulda slår imot meg idet jeg kommer ut av flyet og tar plass på snøscooteren som skal bringe meg de siste meterne mot målet. Et kort øyeblikk går tankene til det rekordvarme februarværet jeg forlot i Oslo få dager i forveien. Men det lille øyeblikket av skepsis viser seg å være fullstendig grunnløst. To uforglemmelige måneder i det arktiske isødet ligger foran meg!

Det er altså her, milevis fra land, at National Science Foundation, Office of Naval Research og den canadiske regjering har satset flere hundre millioner kroner på et forskningsprogram kalt SHEBA – Surface HEat Budget of the Arctic ocean. Hovedkvarteret er en 322 fot lang isbryter som høsten 1997 banet seg vei gjennom ismassene nord for Alaska, til 75,3 °N, for å la seg fryse inn i polarisen (se bildet på forsida og figur 3). I 13 måneder har skipet ligget innefrosset i Beauforthavet, omgitt av metertykk is, og med en rekke forskere med interesse for klima- og miljøproblematikk om bord. Dette store forskningsprosjektet vil gi et meget viktig bidrag til vår kunnskap om de kompliserte mekanismene som påvirker vårt klima.

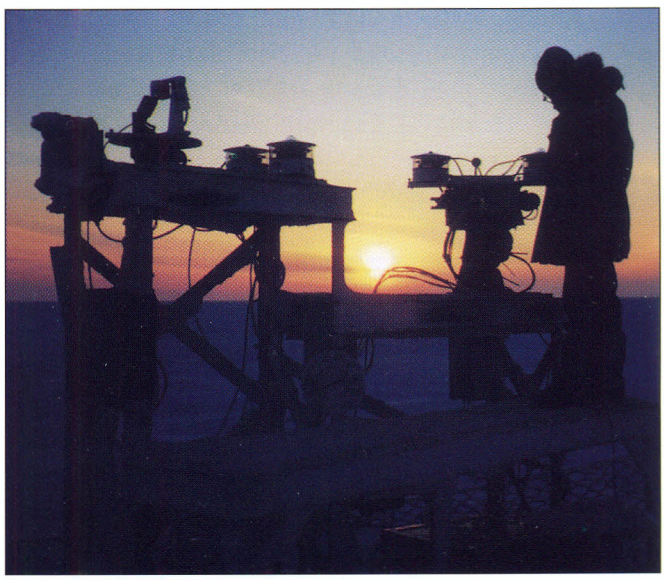
Smelter isen?

Det arktiske isområdet er på størrelse med hele USA. Det fungerer som et gigantisk varmesluk og spiller således en viktig rolle for klimaet på jorda. De siste 20 årene er det observert målbare reduksjoner i ismassene, en nedgang på 2–3 % per tiår. Det verserer flere teorier om årsaken til disse forandringene. Noen mener at de kun skyldes naturlige variasjoner i klimaet, mens andre heller til teorier der mennesket selv er den store syndebukken med våre utslipp av drivhusgasser til atmosfæren. I 1997 var den arktiske issmeltingen ekstra stor. Værfenomenet 'El Niño' er lansert som en mulig forklaring, men igjen er meningene delte.

SHEBA-prosjektet

SHEBA-prosjektet ble startet opp for å bøte på vår mangelfulle kunnskap om de klimatiske forholdene i Arktis. Når sjøis dannes, skjer det store forandringer i de lokale luft–hav vekselvirkningene.

Figur 1. Den heliumfylte ballongen gir viktig informasjon om temperatur, trykk, fuktighet og vinder i ulike høydelag opp til ca. 1000 m. Ballongen er forankret med en wire til skipet, og etter et par timer i lufta hentes den ned igjen med en vinsj.



Figur 2. Bildet viser noen av ARMs instrumenter. Flere ganger i minuttet måler instrumentene innstråling i ulike deler av spektret: IR-stråling (primært fra skyer), synlig lys og UVB fra sola. Radiometeret til venstre måler vekselvis direkte og diffus stråling innen flere bånd i solspektret. Hver morgen blir instrumentene rengjort for å optimalisere målingene.

Sjøisen bidrar til sterke tilbakekoblingsmekanismer i klimasystemet, og kan forårsake langsiktige endringer i både polart og globalt klima. Det er en stor utfordring å øke kunnskapen om disse mekanismene: Hvordan vekselvirker de individuelle prosessene? Hvilken betydning har de ulike prosessene

i forhold til klimatiske forstyrrelser, slik som økt forekomst av drivhusgasser i atmosfæren?

Den generelle sirkulasjonsmodellen (GCM) har hittil vært det mest omfattende verktøyet for å besvare slike spørsmål. Et utall GCM-eksperimenter utført de siste 15 årene, har gitt to viktige konklusjoner:

1. Vekselvirkning mellom sjøis, solstråling og skyer i de arktiske områdene har stor betydning for det globale klimaet.
2. Usikkerheten i luft–sjø–is prosessene fører til store forskjeller i klimasimuleringer utført med ulike modeller. Forskjellene skyldes primært usikkerhet i tilbakekoblingsmekanismene knyttet til refleksjon fra isen og stråling fra skyer.

For å undersøke disse prosessene nærmere, har forskningsmiljøer i USA, Canada og Norge(!) gått sammen om det 5 år lange SHEBA-prosjektet, hvor hovedmålene er:

- Å utvikle og teste modeller for de arktiske hav–atmosfære–is prosessene.
- Å forbedre tolkningen av satellittdata over Arktis, slik at satellitter effektivt kan bidra med data til analysen av det arktiske klimaet og gi viktige data til modellinput og modellevalueringer.

For å nå disse målene vil SHEBA bestå av tre komponenter: a) felteksperimenter, b) satellittovervåking og c) modellering.

Felteksperimentene startet i oktober-97. I mer enn ett år har SHEBAs forskningsstasjon drevet rundt i det arktiske isødet med 20–40 vitenskapsfolk om bord. Noen forskerteam har måt innstrålt solenergi, samt refleksjon, absorpsjon og transmisjon i islaget. Denne informasjonen vil i sin tur bli korrelert med målinger av skylaget, analyser av snølaget, trykk- og spenningsmålinger i isen, havstrømmer under isen m.m. De ulike forskerteamene vil bidra med hver sin brikke til et komplisert puslespill, som det vil ta lang tid å sette sammen til et helhetlig bilde.

Norske forskere er med

En av nøkkelspillerne i SHEBA-prosjektet er professor Knut Stamnes og hans gruppe ved Universitetet i Alaska, Fairbanks (UAF). Som representant for ARM-programmet (Atmospheric Radiation Measurement program) er han ansvarlig for en stor instrumentpark som brukes i kartleggingen av de atmosfæriske forholdene i Arktis. Med sin norske bakgrunn har Knut vært sterkt medvirkende til den norske rekrutteringen til SHEBA-prosjektet: Ph.D.-studentene Rune Storvold og Hans Eide har hatt to opphold i isen, i tillegg til undertegnede, som selv kom i kontakt med ARM-programmet etter ett år som gjesteforsker ved Universitetet i Alaska.

ARM-folkene har tre hovedoppgaver:

1. Daglige ballongslipp (se figur 1).
2. Vedlikehold og ettersyn av en satellittmottakerstasjon.
3. Kvalitetskontroll av måledata fra 15–20 instrumenter, delvis plassert ute på isen og delvis om bord på dekk (se figur 2).

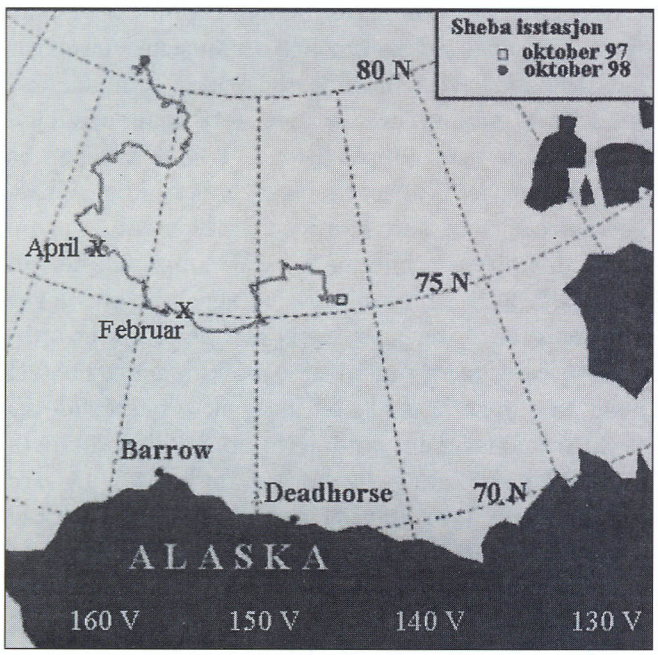
Instrumentene måler solstråling i flere bølgelengdeområder, refleksjon fra is og snø, skyer og temperatur. Dataene skal visualiseres og kvalitetskontrolleres, det skal lages daglige rapporter og ikke minst – en skal sjekke om instrumentene virket tilfredsstillende. I et område der kulda kan nå ekstremt lave temperaturer, er det slett ingen selvfølge at alt virker etter oppskriften. I slike tilfeller er det godt at det finnes en elektronikkyndig ARM-ingeniør om bord som kan løse problemene.

De to representantene fra ARM har selskap av en rekke fysikere, biologer, glasiologer, meteorologer og ingeniører. I den mest hektiske perioden er opptil 40 vitenskapsfolk delaktig i forskningsarbeidet. I tillegg har isbryteren et fast mannskap bestående av 20–30 fransktalende canadiere, som holder skipets installasjoner i gang og sørger for mat. De tre kokkene gjør en formidabel innsats i byssa, og bidrar til at oppholdet minner mer om et luksuscruise enn et strabasiøst møte med isødet. Med to 3-retters middager hver eneste dag, er det ingen grunn til å gå sulten til sengs. Godt vi har et velutstyrt trimrom om bord!

Fritidsproblemer er et ukjent begrep. Dersom eget arbeid er avsluttet for dagen, er det alltid bruk for arbeidskraft hos andre. Fjerne målestasjoner skal ha ettersyn, og de stadige sprekkene i isen fører til problemer for mange av forskerteamene med base ute på isen. En morgen er det en spesielt hektisk stemning rundt frokostbordet. I nærheten av skipet har en 40–50 m bred råk åpnet seg med rekordfart. Kraftledninger til forskningsstasjonene er røsket ut, og et garasjetelt for snøscootere blir "svelget" idet de enorme isflakene endrer retning og krasjer sammen i et voldsomt brak. Alle om bord mobiliseres til

redningsarbeid, og etter flere timer med snøskuffing og hektisk flyttearbeid, er det mest kostbare utstyret berget. Skadene er heldigvis ikke verre enn at alle prosjekter kan fortsette som planlagt. Etter to uker er alle installasjoner tilbake i normal drift.

Men det er ikke bare de lokale ismassene rundt båten som beveger seg – hele det arktiske isflaket beveger seg med en imponerende hastighet. Innefrosset som vi er, er vi pent nødt til å akseptere isflakets "veivalg". De kraftige vindene rundt Nordpolen drar sjøisen med seg som en gigantisk karusell, og forskningsstasjonen seiler avgårde, opptil 30 km i løpet av et døgn. De første ukene holder vi en stram vestlig kurs, og inntreden på russiske områder synes uunngåelig. De russiske myndigheter varsles vedrørende vår forestående ankomst på fremmed territorium. Men i siste liten stopper den vestlige bevegelsen opp, og ismassene fører oss nordover i stedet, helt opp mot 80 °N (se figur 3).



Figur 3. Figuren viser isens og forskningsstasjonens drift i løpet av ett år. Ved oppstart lå skipet på 75,3 °N, 143 °V. Ett år senere var posisjonen 80,8 °N, 167 °V. Skipets drift i løpet av mitt forskningsopphold er markert med to kryss.

Isbjørn

Hverdagen i Arktis er ikke helt fri for farer. Denne tilsynelatende stille og rolige formiddagen i mars er intet unntak i så måte. De daglige gjøremålene med reparasjoner og målinger er i full gang, og det yrer av liv ute på isen. Med ett lyder tre korte tut fra skipshornet. Alt liv lammes et kort øyeblikk. Tre tut...det betyr...isbjørn! Verktøy, utstyr og strømkabler slippes umiddelbart. Her gjelder det å komme seg i sikkerhet. Fort!

Det arktiske vinterutstyret gjør det vanskelig å løpe, men det er utrolig hvilke krefter som mobiliseres når det varsles om isbjørn i området. Sistemann ombord låser omhyggelig den bjørnesikre porten bak seg. Bjørnen vil neppe respektere forbudsskiltet som pryder inngangspartiet: "Polar Bears not allowed". Puh, det gikk bra! Opptellingen viser at alle mann har kommet seg i sikkerhet. Vi blir stående på dekk og betrakte det fascinerende dyret som med nysgjerrige skritt nærmer seg båten.

Men besøket blir ikke langvarig. Det er langt fra ønskelig å ha en sulten isbjørn luskende rundt skipet, så det er bare en ting å gjøre: bjørnen må skremmes vekk. Den arktiske stillheten brytes ved lyden av to snøscootere. Isbjørnen kikker seg forvirret rund et lite øyeblikk, før den setter avgårde i vill galopp med de to snøscooterne hakk i hæl. Forfølgelsen fungerer nøyaktig etter planen, og det stakkars, forskremte dyret forsvinner i raskt tempo mot den hvite horisonten. Han vil neppe komme tilbake og skape flere problemer for livet på Des Groseilliers.

På grunn av den potensielle bjørnefaren i Arktis er det innført strenge sikkerhetskrav. Det er strengt forbudt å forlate båten uten skytevåpen og walkie-talkie, og sikkerhetsansvarlig om bord skal alltid ha en detaljert beskrivelse av hvor vi tenker oss – selv om vi kun skal inspisere et måleinstrument 50 meter fra båten. En kan aldri være for forsiktig når det gjelder isbjørn. Plutselig dukker de opp fra "intet". Det er i hvert fall trygt å vite at det er 24 timers vakt på brua, på stadig utkikk etter dette fascinerende, men akk så skumle dyret.

Livet på Des Groseilliers

Ukene raser avgårde. Hver dag byr på nye opplevelser og utfordringer. Om kveldene er det duket for sosiale aktiviteter. Noen syr seg arktiske fot- og håndvarmere, noen foretrekker kortspill og dart, noen ønsker å trene, mens andre tilbringer de sene kveldstimene i den velholdte baren.

Ett av høydepunktene er "SHEBA international golf tournament". På grunn av ekstrem kulde, isbjørnfare og nydannede sprekker i isen, må turneringen avvikles innendørs. Både golfkoller og baller er hjemmesnekrede, og det er ikke få timer som nedlegges i arbeidet med å perfeksjonere utstyret. Både snekkerverksted og sveiseutstyr er flittig i bruk

den siste uka. Man må jo ha køller og baller som passer for enhver anledning: opp trapper, ned trapper, rundt hjørner og over høye dørstokker. Og selvfølgelig blir hele seansen avsluttet med en høytidelig premieutdeling og bankett med snitter og hvitvin.

Men så kommer den uunngåelige dagen – avskjedsdagen! Det blir et vemodig farvel med alle de nye vennene en har fått i løpet av to måneder på Des Groseilliers. Twin Otteren har landet på den nypreparerte flystripa, og et nytt forskerteam har ankommet – fulle av forventninger. Jeg tar plass i flysetet, spenner på meg sikkerhetsselene og tar en siste kikk på det praktfulle skipet som bader seg i den deilige aprilsola. Et to måneders langt eventyr er ubønnhørlig slutt.

∞

Har nøytrinoene likevel masse?

Per Osland og Geir Vigdel *

Standardmodellen, som beskriver naturens minste byggestener og kreftene mellom dem, inneholder kvarker og leptoner ordnet i tre familier. I hver familie er der et ladet lepton og et nøytrino: elektron med elektron-nøytrino (e^-, ν_e), myon med myon-nøytrino (μ^-, ν_μ), og tau med tau-nøytrino (τ^-, ν_τ). Dessuten er der tilhørende antipartikler. Av disse partiklene er alle bortsett fra tau-nøytrinoet, oppdaget.

LEP-eksperimentene ved CERN har med stor presisjon vist at der er tre, og bare tre, forskjellige nøytrinoer analogt med at der er tre kvarkfamilier (i alt seks kvarker). Ifølge standardmodellen er nøytrinoene masseløse. Nøytrinoene har kun såkalt "svake" vekselvirkninger, noe som medfører at de er svært vanskelige å oppdage; de aller fleste passerer gjennom detektorene uten å etterlate spor. (En enkel beskrivelse av nøytrinoet finnes på: http://wwwlapp.in2p3.fr/~verkindt/neutrinos/ankes.html)

Et av de sentrale spørsmålene i dagens partikkelfysikk og kosmologi, er hvorvidt nøytrinoene har masse. Direkte målinger har bare etablert øvre grenser for massene, på omtrent 5 eV, 170×10^3 eV og 20×10^6 eV, for henholdsvis ν_e, ν_μ og ν_τ. Til sammenligning kan nevnes at elektronet, som i vanlige enheter har en masse på $9,11 \times 10^{-31}$ kg, i elektronvoltenheter har en masse på 511×10^3 eV.

*Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Siden kvarker og ladde leptoner har masse, hvorfor skulle nøytrinoene være uten? Hvis nøytrinoene har masse, kunne disse kaste lys over et uklart massemønster (den tyngste kvarken, top-kvarken, har en masse som er 350 000 ganger større enn massen til det letteste leptonet, elektronet) og gi oss et hint om hvor massene kommer fra. Massive nøytriner kunne også utgjøre "mørk" materie, og de kunne da ha betydning for universets utvidelse.

Nøytrino-oscillasjoner

Hvis nøytrinoer forvandles fra en type til en annen, som f.eks. $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu$, kalles det *nøytrino-oscillasjoner*. Dette er mulig hvis vi har *nøytrinomiksing*, noe som kan illustreres ved å betrakte elektron-nøytrinoet og myon-nøytrinoet som sammensatt av to "massetilstander", $|\nu_1\rangle$ med masse m_1 og $|\nu_2\rangle$ med masse m_2:

$$\begin{aligned} |\nu_e\rangle &= \cos\theta|\nu_1\rangle + \sin\theta|\nu_2\rangle, \\ |\nu_\mu\rangle &= -\sin\theta|\nu_1\rangle + \cos\theta|\nu_2\rangle. \end{aligned} \quad (1)$$

Vinkelen θ kalles *miksevinkelen*. Den beskriver blandingen mellom de to komponentene.

Disse to komponentene i bølgefunksjonen vil etter hvert komme ut av fase. Tidsutviklingen av det som opprinnelig var et elektron-nøytrino kan uttrykkes som:

$$\begin{aligned} |\nu(t)\rangle = \cos\theta|\nu_1\rangle e^{-i(m_1^2c^4/2E\hbar)t} \\ + \sin\theta|\nu_2\rangle e^{-i(m_2^2c^4/2E\hbar)t}. \end{aligned} \quad (2)$$

Her er E nøytrinoets energi, t er den tid som er gått siden det ble skapt, c er lyshastigheten, og $\hbar$ er gitt ved Plancks konstant som $\hbar = h/2\pi$. Tiden t er gitt ved veilengden L som nøytrinoet har gått, $L = ct$. Denne karakteristiske avhengigheten av masse og energi kommer fra den relativistiske relasjonen mellom energi, masse og impuls:

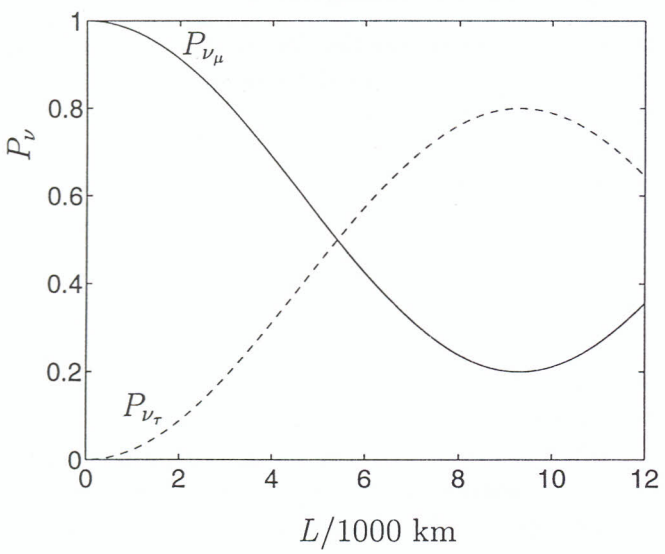
$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2. \tag{3}$$

En projeksjon av $|\nu(t)\rangle$ tilstanden tilbake på ν_e (ved deteksjonen), vil resultere i en reduksjon; noe av ν_e-tilstanden er omvandlet til en annen nøytrinotype (i dette eksemplet ν_μ) som er ortogonal til ν_e. Ved en slik tokomponentmiksing vil nøytrinoet oscillere fram og tilbake mellom ν_e og den andre tilstanden, slik at overlevelsessannsynligheten blir tidsavhengig:

$$P(t) = 1 - \sin^2(2\theta)\sin^2\left[\frac{\Delta m^2 c^4 t}{4E\hbar}\right] \tag{4}$$

hvor $\Delta m^2 = m_2^2 - m_1^2$. Sannsynligheten er altså bestemt av miksevinkel, av forskjell i kvadrert masse, av energi og av tid fra nøytrinoet ble produsert. Vi ser at store avstander (stor t) og lave energier gir stor effekt, altså størst følsomhet for små verdier av Δm^2. I figur 1 har vi vist et eksempel på oscillasjon mellom ν_μ og ν_τ, der vi starter med en ren ν_μ-tilstand.

Nøytrino-oscillasjoner kan altså kun forekomme hvis nøytrinoene har ulik masse, noe som betyr at hvis slike effekter observeres er minst en av nøytrinotypene massiv. Levende illustrasjoner av slike oscillasjoner finnes på: http://webnt.physics.ox.ac.uk/Neutrino/announce.htm



Figur 1. Oscillasjoner mellom to typer nøytrinoer, $P_{\nu_\tau} = 1 - P_{\nu_\mu}$. Denne figuren er relevant for atmosfæriske nøytrinoer: $E = 15$ GeV, $\Delta m^2 = 2 \times 10^{-3}$ eV^2 og $\sin^2(2\theta) = 0,8$.

Solnøytrinoproblemet

Elektron-nøytrinoer blir produsert i store mengder i hydrogenbrenning i solen, blant annet i prosessen

$$p + p \rightarrow d + e^+ + \nu_e, \tag{5}$$

hvor energi frigis ved at to protoner (p) omvandles til et deuteron (d), et positron (e^+) og et nøytrino. Deuteronene brenner videre til helium, beryllium, litium og bor. Teorien for solens energiproduksjon ble grunnlagt av Hans Bethe på 1930–1940-tallet. Fra observerbare størrelser som luminositet, masse, overflatesammensetning etc., kan man beregne hvor stor solens nøytrinofluks skulle være ifølge teorien.

Det ble tidlig ansett som viktig å bekrefte denne teorien ved å detektere solnøytrinoer, dvs. elektron-nøytrinoer (ν_e) som kommer fra solen, og som har energier som tilsvarer dens kjernefysiske prosesser. Pioneren på dette området var Ray Davis som allerede på slutten av 1960-tallet begynte å detektere solnøytrinoer i en stor detektor fylt med rensemiddelet tetrakloretylen, C_2Cl_4. I likhet med senere solnøytrinodetektorer ble denne plassert langt under jordens overflate for å oppnå skjerming mot uønsket kosmisk stråling. Elektron-nøytrinoet absorberes av et kloratom, som går over til argon ved utsendelse av et elektron,

$$\nu_e + {}^{37}\mathrm{Cl} \rightarrow e^- + {}^{37}\mathrm{Ar}. \tag{6}$$

(Ett av nøytronene i ^{37}Cl undergår "inverst betahenfall", $\nu_e + n \rightarrow e^- + p$.) Denne reaksjonsraten ble målt ved at argonatomene ble skilt fra detektorløsningen og talt. Argonatomene kan ekstraheres fra væsken som mikroskopiske gassmengder, typisk 15 atomer av totalt 10^{30} atomer i tanken. Etter hvert som man begynte å få tillit til disse vanskelige målingene, ble det klart at nøytrinofluksen fra solen var lavere enn forventet. Man registrerte bare 30–40 % av de nøytrinoene man forventet ut fra solmodellen. I 1987 og tidlig på 1990-tallet, fikk man solnøytrinodata fra to andre typer detektorer; også disse viste et lavere antall nøytrinoer enn en hadde ventet. At der er et vesentlig underskudd, er kjent som "solnøytrinoproblemet".

Den vanligste forklaringen på dette problemet er at de opprinnelige elektron-nøytrinoene er blitt om-

dannet til en annen type, kanskje myon-nøytrinoer. Slike reaksjoner som (6) vil ikke forekomme for andre typer enn elektron-nøytrinoer, detektoren er "blind" overfor ν_μ og ν_τ.

Når man tolker dette som en oscillasjonseffekt, cfr. ligning (4), og tar hensyn til de forskjellige detektorers energifølsomhet og resultat, får man $\Delta m^2 \sim 10^{-10}$ eV^2. En annen mekanisme kan også løse solnøytrinoproblemet, den såkalte MSW-effekten (oppkalt etter Mikheyev, Smirnov og Wolfenstein). Overgangen til en annen nøytrinotype ville da skyldes vekselvirkning mellom elektron-nøytrinoer og elektroner i solen, hvor elektrontettheten er meget høy, og ville kreve at $\Delta m^2 \simeq 10^{-5}$ eV^2.

Atmosfæriske nøytrinoer

På 1980-tallet bygde man en stor detektor (Kamiokande) i en sinkgruve i Japan, essensielt en vanntank med fotodetektorer langs veggene, for å registrere forventede henfall av protoner i vannet. Slike hendelser var forutsagt av rådende teorier for en enhetlig forening av kreftene mellom partiklene og skulle kunne registreres via lysglimt, kalt tsjerenkovstråling, fra hurtige, ladde partikler i slutt-tilstanden. (Hvis ladde partikler i et *medium* går fortere enn lyset, sender de ut lys med en karakteristisk retning i forhold til partiklenes bevegelser.) Man fant ikke protonhenfall i Kamiokande, men detektoren ga andre interessante resultater: man registrerte nøytrinoer fra supernovaen SN1987A, samt solnøytrinoer og atmosfæriske nøytrinoer. De lavenergetiske solnøytrinoene detekteres ved at de slår løs elektroner som i sin tur avgir tsjerenkovstråling. De mer høyenergetiske atmosfæriske nøytrinoene detekteres hovedsakelig via såkalt "ladet-strømvekselvirkning", de omvandles til sine ladde partnere, $\nu_\mu + n \to p + \mu^-$, $\nu_e + n \to p + e^-$, og tilsvarende for antinøytrinoer. Myonene og elektronene gir så et glimt av tsjerenkovlys i detektoren.

Høyenergetisk kosmisk stråling (typisk protoner) som treffer atmosfæren, produserer pimesoner. Disse er ustabile og henfaller til myoner og myon-nøytrinoer (evt. antinøytrinoer). Myonene henfaller videre til elektroner eller positroner, og elektron-nøytrinoer (evt. antinøytrinoer):

$$\begin{aligned} \pi^+ &\to \mu^+ + \nu_\mu, \qquad \mu^+ \to e^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_e, \\ \pi^- &\to \mu^- + \bar{\nu}_\mu, \qquad \mu^- \to e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e. \end{aligned} \quad (7)$$

Vi ser at for hvert ladet pi-meson som blir produsert, får vi totalt to nøytrinoer av myontype (et ν_μ og et $\bar{\nu}_\mu$), men bare ett nøytrino av elektrontype (ν_e eller $\bar{\nu}_e$). Dette forholdet mellom atmosfæriske nøytrinoer av myontype og av elektrontype, er altså naivt lik 2. Det må korrigeres for forskjellige effekter: noen myoner rekker å nå jorden før de henfaller, og noen ganger produseres K-mesoner i tillegg til, eller i stedet for, pi-mesoner. Det forventede forholdet mellom nøytrinoer av de to typene er derfor mindre enn 2, noe avhengig av energien.

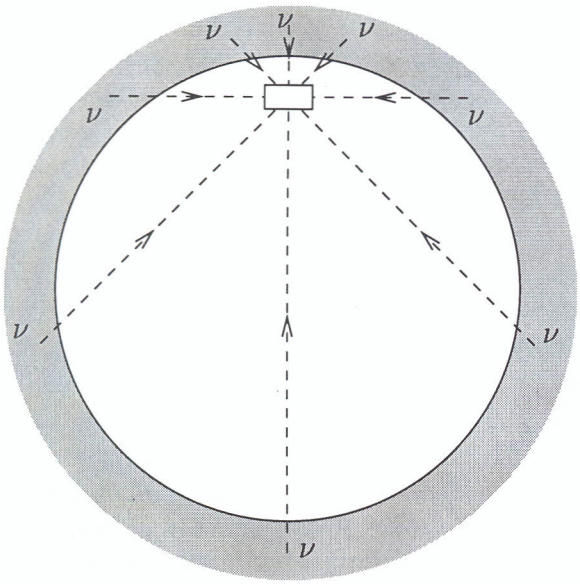
Med Kamiokande-detektoren har man målt dette forholdet, og presenterer resultatet som et "forhold mellom forhold": man dividerer på det teoretisk forventede forholdet, som er noe mindre enn 2. Man bestemte et forhold mellom forhold som var ca. 0,60. Der er altså for få nøytrinoer av myon-typen, i forhold til nøytrinoer av elektrontypen, 40 % mangler. Dette er "det atmosfæriske nøytrinoproblemet". Men målingene var beheftet med store usikkerheter; det var uklart om man kunne stole på resultatene.

Super-Kamiokande

I 1996 ble en ny og større (mer følsom) detektor tatt i bruk: Super-Kamiokande (Super-K). Den har form som en stor gryte med diameter 39 m, og rommer 50 000 tonn med vann. Langs veggene, samt i bunnen og på toppen, har man montert 11 000 fotomultiplikatorer for å registrere tsjerenkovstråling. Med denne har man fått data av vesentlig høyere kvalitet, og Super-K-kollaborasjonen har i sommer presentert imponerende data som stort sett bekrefter de tidligere målingene: Der er et underskudd av myon-nøytrinoer. Effekten avhenger av senitvinkelen, som er et mål for hvor langt nøytrinoet har gått fra det ble produsert og til det detekteres (se figur 2). (En beskrivelse av eksperimentet, og et "bilde" av solen, tatt med nøytrinoer i stedet for lys, finnes på: http://beavis.phys.lsu.edu/~superk/)

At dette forholdet mellom forhold avhenger av hvor langt nøytrinoet har gått, tilsier at nøytrinoene har masse, og at der er en tilstandsblanding som diskutert ovenfor. Super-K-eksperimentet har ikke bare målt fluksens avhengighet av t via senitvinkelen, men også dens avhengighet av energien E. Det konkluderes med at

$$\Delta m^2 \simeq (2-3) \times 10^{-3} \text{ eV}^2 \quad (8)$$



Figur 2. Deteksjon av atmosfæriske nøytrinoer. Den innerste sirkelen forestiller jorden, det grå laget er atmosfæren. De stiplede pilene viser nøytrinoenes baner fra forskjellige produksjonssteder i atmosfæren. Denne avstanden varierer fra ca. 15 km for nøytrinoer produsert i atmosfæren over detektoren, til ca. 12 700 km for nøytrinoer produsert på motsatt side av jorden.

og at miksingen er praktisk talt maksimal, $\sin^2(2\theta) \simeq 1$. Den naturlige, og beste, forklaringen er at det er ν_μ og ν_τ tilstandene som er blandet.

Situasjonen er ikke fullt så enkel som skissert i figur 1, da man har et spektrum av nøytrinoenergier fra noen MeV til flere GeV. For de mest lavenergetiske (hvis de har gått langt nok) vil oscillasjonene midles ut til halvparten av opprinnelig fluks hvis miksingen er maksimal.

En tilsvarende tolkning av solnøytrinofluksen gir som nevnt $\Delta m^2 \simeq 10^{-10}$ eV^2, hvor det da ville være ν_e og ν_μ som blandes. Tilsvarende faseforskjell er for liten til å bety noe for de atmosfæriske nøytrinoene – avstandene er for små.

Utsikter

Ved å bruke andre detektorprinsipper har to andre eksperimenter, ett i Soudan-gruven i Minnesota og ett i Gran Sasso-tunnellen i Italia, oppnådd resultater som er konsistente med de fra Super-K. Enkelte er likevel noe tvilende til om effekten er reell, siden eksperimentet er av en ny type med systematiske feil som kan være vanskelige å bestemme, og fordi man er usikker på om den kosmiske strålingen er godt nok kartlagt. Man forsøker derfor å kontrollere resultatet ved å studere nøytrinoer fra reaktorer ($\bar{\nu}_e$) og fra akseleratorer (i hovedsak ν_μ og $\bar{\nu}_\mu$). I Japan skal man i januar 1999 sende en intens nøytrinostråle fra KEK-akseleratoren mot Super-Kamiokande, som ligger 250 km unna.

For virkelig å kunne avgjøre om solnøytrinoene er utsatt for oscillasjoner, planlegger man å benytte en tungtvannsdetektor til å sammenligne hyppigheten av prosesser som kan skje kun for elektronnøytrinoer, med raten av prosesser som kan skje for såvel elektron- som myon- og tau-nøytrinoer. Dette skal gjøres ved Sudbury Neutrino Observatory (SNO), i Ontario, Canada, hvor man i april innviet en detektor som inneholder 1000 tonn ultrarent tungtvann!

I tillegg til de reaksjonene man har i Super-Kamiokande (nøytrino-elektronspredning), er det her to spesifikke tungtvannsreaksjoner: $\nu_e + d \to p + p + e^-$, og $\nu_x + d \to p + n + \nu_x$, der den siste reaksjonen kan skje for alle nøytrinotypene.

Ved å registrere frigjorte nøytroner, kan man slik også få et mål for hvor stor den totale nøytrinofluksen fra solen er. Dette vil kunne teste solmodellene uavhengig av hvorvidt nøytrinoene oscillerer.

Standardmodellen har hittil vært presentert uten nøytrinomasser, men den har rom for slike. Hvis man derimot vil innpasse standardmodellen i en større sammenfattende teori (Grand Unified Theory), så er det ikke mulig å ha nøytrinomasser innen teorier basert på symmetrigruppen SU(5), hvis det da ikke er såkalte Majorana-masser. Nøytrinoene skulle da være sine egne antipartikler, i motsetning til elektroner og positroner, som er hverandres antipartikler. Forøvrig *krever* teorier basert på den noe større symmetrigruppen SO(10) at nøytrinoene har masser.

Det har vært spekulert i om massive nøytrinoer kunne bidra til universets mørke materie. Massene måtte da være av størrelse noen elektronvolt. Hvis vi ser bort fra at nøytrinomassene er nesten degenerert, tilsier ligning (8) at det tyngste har en masse av størrelse omtrent 0,05 eV. Slike masser er for små til å ha kosmologisk betydning som mørk materie.

∞

Nobelprisen i fysikk 1998

Jan Myrheim *

Nobelprisen i fysikk for 1998 er tildelt to eksperimentalfysikere, Horst L. Störmer (Columbia University, New York) og Daniel C. Tsui (Princeton University), og en teoretiker, Robert B. Laughlin (Stanford University), for "oppdagelsen av en ny form for kvantefluid med fraksjonelt ladde eksitasjoner", m.a.o. for den fraksjonelt kvantiserte Hall-effekten i en todimensjonal elektrongass. Nobelkomiteen skriver: "The work of Laughlin, Störmer and Tsui has led to a breakthrough in our understanding of macroscopic quantum effects and to the emergence of an extremely rich set of phenomena with deep and truly fundamental theoretical implications."

Hall-effekten ble oppdaget i 1879 av Edwin Hall, og består i at når det går en strøm i en elektrisk leder plassert i et magnetfelt, oppstår det en spenning, Hall-spenningen, på tvers av lederen og vinkelrett på magnetfeltet. Hall-resistansen, som er forholdet mellom Hall-spenningen og strømmen, er ganske enkelt lik den magnetiske flukstettheten B dividert med flatetettheten av den strømmende ladningen, i det idealiserte tilfellet at B er konstant og at ladningsbærerne er frie partikler. Hall-effekten kan altså brukes til å måle ladningstettheten, og spesielt fortegnet av ladningen.

At ladningsbærerne er negative i noen stoffer (f.eks. kopper og aluminium) og positive i andre (f.eks. beryllium og krom), bekymret ingen så lenge ingen visste at de eneste flyttbare partiklene er de negative elektronene. Det er interessant at Diracs positivt ladde 'hull', som ble møtt med så stor skepsis i 1930, var observert i Hall-effekten til og med før elektronet ble oppdaget i 1897.

Siden Hall-effekten måler flatetetthet av ladning, egner den seg godt til å studere elektroner fanget i to dimensjoner på overflaten mellom to halvledere eller en halvleder og en isolator. Dette studiet ga to store overraskelser henholdsvis i 1980 og i 1982. Først den heltallig kvantiserte Hall-effekten, som Klaus von Klitzing fikk Nobelprisen for i 1985,[1] og dernest den fraksjonelt kvantiserte Hall-effekten, som årets prisvinnere belønnes for.

Når et slikt todimensjonalt elektronsystem er fabrikert tilstrekkelig rent, slik at mobiliteten til elektronene er tilstrekkelig stor, og det hele kjøles ned til omkring 1 K, så øker ikke lenger Hall-resistansen R_H lineært med magnetfeltet. I stedet observeres en rekke platå, der R_H er konstant på hvert platå. Skriver vi

$$R_H = \frac{h}{\nu e^2} ,$$

der h er Plancks konstant og e er elementærladningen (elektronladningen er $-e$), så kjennetegnes platåene av at ν er heltallig, i den heltallige kvante-Hall-effekten, eller er en brøk med odde nevner, i den fraksjonelle effekten. Når magnetfeltet varierer over et større område, er ν stort sett omvendt proporsjonal med magnetfeltet, slik at det siste heltallige platået som opptrer når magnetfeltet øker, er det som svarer til $\nu = 1$.

I eksperimentet som Störmer, Tsui og Gossard gjorde i 1982, brukte de en prøve der mobiliteten var enda høyere enn i tidligere eksperiment, og de fant et nytt platå som svarte til $\nu = 1/3$, dvs. ved tre ganger så høyt magnetfelt som for $\nu = 1$.[2] Se figur 1. Senere er andre platå observert der ν er en eller annen brøk med odde nevner.[3] I regelen vil høyere mobilitet av elektronene gi flere fraksjonelle platå, men bare opp til en viss grense. For eksempel observeres ikke $(1/m)$-platåene med $m > 7$.

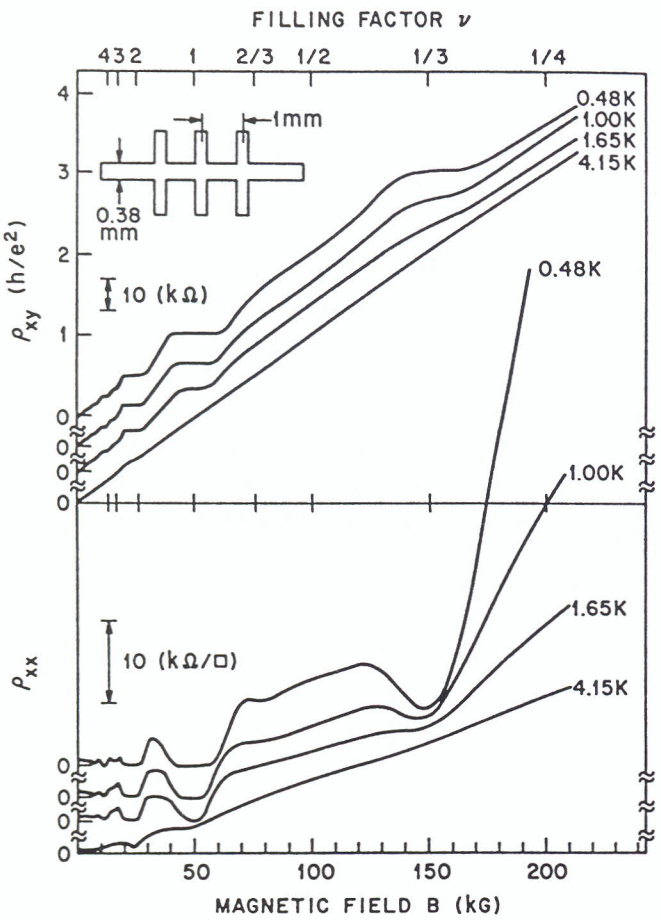
En tegnet kurve som viser Hall-resistansen som funksjon av magnetfeltet, kan ikke på noe vis yte eksperimentene rettferdighet, fordi den ikke gir noen idé om hvor nøyaktig kvantiseringen er. En sammenligning av R_H i to forskjellige materialer, med $\nu = 2$ i det ene og $\nu = 4$ i det andre, viste at den relative nøyaktigheten er minst så god som 3×10^{-10}.[4] Et uttrykk for den absolutte nøyaktigheten i den heltallige effekten er den offisielle verdien

ved $\nu = 1$,

$$R_H = \frac{h}{e^2} = 25\,812,807\,\Omega\,,$$

som ble vedtatt i 1990 som en laboratoriestandard. Den fraksjonelle kvantiseringen er mindre nøyaktig, kanskje 10^{-6}, men dette er fremdeles en imponerende nøyaktighet.

Et annet viktig kjennetegn for platåene, som bidrar til at det lar seg gjøre å måle Hall-spenningen så nøyaktig der, er at den longitudinelle resistansen blir null, altså at systemet blir en superleder. Utenfor platåene møter strømmen en motstand som fører til dissipasjon av energi.



Figur 1. Figuren viser Hall-resistansen (øverst) og den longitudinelle resistansen (nederst) som funksjon av magnetfeltet, ved forskjellige temperaturer, i det opprinnelige eksperimentet til Tsui, Stormer og Gossard.[2] Det fraksjonelle platået trer fram ved 150 kG (15 tesla) etter hvert som temperaturen senkes, og samtidig reduseres den longitudinelle resistansen mot null.

*Institutt for fysikk, NTNU

Størrelsen ν kan tolkes fysisk som en *fyllingsfaktor* for Landau-nivåene i magnetfeltet. Et Landau-nivå er et degenerert energinivå for ett elektron, og i den tilnærmingen at en behandler elektronene som frie partikler, uten vekselvirkning seg imellom, er ν antallet fylte Landau-nivå. Den heltallige kvante-Hall-effekten er tydeligvis et resultat av at elektronene fyller et helt antall Landau-nivå; og siden energigapet mellom to Landau-nivå er stort, typisk 100 kelvin (1 kelvin tilsvarer omtrent 0,1 millielektronvolt, meV), er det lett å si med etterpåklokskap at heltallskvantiseringen ikke burde være helt uventet, selv om teorien viser seg å være atskillig mer komplisert enn som så. En komplikasjon er f.eks. elektronspinnet som en ofte ser bort fra, med rette eller urette.

Den fraksjonelle kvantiseringen er mer bemerkelsesverdig, fordi den svarer til delvis fylte Landau-nivå. Siden elektronene er fermioner, kan de fylle opp et Landau-nivå fullstendig på én og bare én måte, mens de kan fylle nivået en tredjedels fullt på mange måter. Energigapet mellom Landau-nivåene ville ha vært der selv om elektronene ikke vekselvirket seg imellom; men for å forstå at det oppstår energigap mellom elektronkonfigurasjonene i et tredjedels fylt Landau-nivå, må en ta i betraktning Coulomb-frastøtningen mellom elektronene.

Laughlin resonnerte seg fram til (bl.a. ut fra numeriske beregninger for tre eller fire elektroner(!)) at en bølgefunksjon av formen

$$\psi = \left(\prod_{j=1}^{N} \prod_{k=j+1}^{N} (z_j - z_k)^m \right) \mathrm{e}^{-\frac{1}{4}\sum_{j=1}^{N} |z_j|^2}$$

burde være en god tilnærming til grunntilstanden når fyllingsfaktoren ν er lik $1/m$, og antallet elektroner er N.[5] Her er $z = (x - \mathrm{i}y)/\ell$ en dimensjonsløs kompleks partikkelkoordinat, og $\ell = \sqrt{\hbar/|eB|}$ er den magnetiske lengden ($\hbar = h/2\pi$). Fordi elektronene er fermioner, må bølgefunksjonen ψ være antisymmetrisk i elektronkoordinatene, og derfor må eksponenten m være et odde heltall. Dette forklarer direkte hvorfor platå med $\nu = 1/m$ observeres bare for odde m.

Faktorene $(z_j - z_k)^m$ sørger for å holde avstand mellom elektronene, slik at Coulomb-energien blir noenlunde minimal, samtidig som mangepartikkeltilstanden ψ bygges opp av enpartikkeltilstander som tilhører det laveste Landau-nivået. Laughlin brukte en nyttig analogi, nemlig at $|\psi|^2 = \mathrm{e}^{-\beta\Phi}$, der $\beta = 1/m$ og

$$\Phi = \frac{m}{2}\sum_{j=1}^{N}|z_j|^2 - \sum_{j=1}^{N}\sum_{k=j+1}^{N} 2m^2 \ln|z_j - z_k| \,.$$

Det betyr at sannsynlighetsfordelingen av N-elektronkonfigurasjoner er den samme for den kvantemekaniske tilstanden ψ som for et klassisk system med potensiell energi Φ og med en temperatur $T = 1/\beta = m$.

I todimensjonal elektrodynamikk er kraften mellom to punktladninger gitt av et logaritmisk "Coulomb-potensial", slik at det klassiske systemet som er Laughlins analogi, består av partikler med en "todimensjonal ladning" $-m$ ($+m$ gjør samme nytten). Denne negative ladningen (som altså er fiktiv og ikke har noe å gjøre med den virkelige elektronladningen $-e$) nøytraliseres av en konstant positiv ladningstetthet, som er opphav til den kvadratiske delen av potensialet Φ. Egenskapene til et slikt todimensjonalt plasma var kjent bl.a. fra Monte Carlo-simuleringer, som skulle tilsi at systemet er en væske opp til $m \approx 70$, og deretter lager en heksagonal krystall. I den fraksjonelle kvante-Hall-effekten ser det ut til at krystalliseringen skjer mye tidligere, for $m = 7$ eller 9. Når elektronene sitter fast i et krystallgitter, kan de ikke lenger transportere ladning (hverken av den analoge todimensjonale eller den ordinære tredimensjonale sorten), og systemet blir en isolator.

Laughlins bølgefunksjon, med $m = 3$ eller $m = 5$, beskriver en "kvantevæske" med interessante egenskaper. Laughlin argumenterte for at de laveste eksitasjonene er kvasipartikler som har fraksjonell ladning, enten kvasihull, som har ladning e/m pga. at elektrontettheten reduseres lokalt, eller kvasielektroner, som har ladning $-e/m$ pga. at elektrontettheten økes lokalt. Siden elektronene er sterkt korrelerte i grunntilstanden, koster det et minimum av energi (Coulomb-energi) å ødelegge korrelasjonene nok til å lage et kvasielektron, og dette energigapet fra grunntilstanden til de laveste eksiterte tilstandene betyr at væsken er inkompressibel. Samtidig betyr det at væsken kan transportere ladning uten å dissipere energi, altså at den er en superleder.

Den direkte foranledningen til årets Nobelpristildeling er kanskje at flere eksperimentgrupper nå mener å ha observert de fraksjonelt ladde kvasipartiklene mer direkte enn før, ved tunnellering gjennom en innsnevring i et kvante-Hall-system. I de to nyeste eksperimentene måles ladningen ved at fluktuasjonene i strømmen måles som funksjon av strømstyrken.[6,7]

Eksistensen av et platå ved $\nu = 1/3$ forklarer Laughlin ved at kvasipartiklene som oppstår når magnetfeltet avviker fra den verdien der fyllingsgraden er eksakt 1/3, vil bindes til urenhetene i materialet, og derfor ikke bidra til strømmen. Når kvasipartiklene blir så mange at denne mekanismen ikke lenger fungerer, kan de i sin tur kondensere i en kvantevæske. På den måten kan Laughlins teori forklare de observerte platåene for andre verdier av ν enn $1/m$, og organisere dem i en hierarkisk struktur. Men ikke alle finner denne hierarkiske konstruksjonen like overbevisende som teorien for $1/m$-platåene.

En innvending mot det teoretiske hierarkiet er at det ikke gir noen naturlig beskrivelse av eksperimentene, fordi de tydeligste platåene ikke alltid kommer øverst i hierarkiet. En annen innvending er at en skulle tro det gir liten mening å snakke om kvasipartikler når de blir like mange som elektronene i systemet. Slike innvendinger motiverte Jainendra Jain til å foreslå en alternativ modell for den fraksjonelle kvante-Hall-effekten, som sidestiller den mer med den heltallige effekten.[8] I følge Jain er den fraksjonelle effekten å forstå som en heltallig effekt i et slags "effektivt magnetfelt".

Om fraksjonell ladning er uvant, så er vel fraksjonell statistikk en enda mer ukonvensjonell egenskap til kvasipartiklene i det fraksjonelle kvante-Hall-systemet, det vil si at de er en mellomting mellom bosoner og fermioner. Men denne egenskapen er en vesentlig ingrediens i konstruksjonen av hierarkiet,[9] og den bekreftes av teoretiske beregninger basert på Laughlins modellbølgefunksjon for kvasihulltilstandene.[10] En av de mest overbeviste talsmennene for fraksjonell statistikk er nettopp Laughlin, som også ville bruke anyoner (partikler med fraksjonell statistikk) til å forklare superledning ved høy temperatur.[11]

Teorien for kvante-Hall-effekten, og lavdimensjonal fysikk mer generelt, er et aktivt felt i norsk og nordisk sammenheng, og ett målbart resultat av aktiviteten er et ganske stort antall doktorgrader. Det er grunn til å nevne spesielt to svenske fysikere, Hans Hansson og Anders Karlhede, som har bidratt til kvante-Hall-teorien.

Zhang, Hansson og Kivelson laget en modell der elektronene er bosoner som vekselvirker via et "statistikkfelt", altså "composite bosons" i motsetning til Jains "composite fermions".[12] Den fraksjonelle kvante-Hall-effekten opptrer når statistikkfeltet kansellerer det virkelige magnetfeltet, i gjennomsnitt.

Sondhi, Karlhede, Kivelson og Rezayi viste at elektronene i den heltallige kvante-Hall-effekten er ferromagnetiske, idet de minimaliserer Coulomb-energien ved å linjere opp alle spinnene parallelt.[13] Altså er Coulomb-energien viktig, ikke bare for den fraksjonelle kvante-Hall-effekten. Denne effekten er den virkelige grunnen til at en kan neglisjere elektronspinnet i grunntilstanden, og den gir opphav til interessante "topologiske" typer av spinneksitasjoner.

Andre tema kunne ha vært nevnt her, f.eks. hva som skjer ved $\nu = 1/2$. Kanteksitasjoner og kvante-Hall-effekt i to koplete lag er andre aktuelle forskningsfelt. Som en sportsjournalist kunne ha sagt: Vi bør ikke bli overrasket om det kommer nye overraskelser innenfor dette feltet.

Referanser

1. Iver Brevik: *Nobelprisen i fysikk 1985.* Fra Fysikkens Verden **48**, nr. 1, s. 1 (1986)
2. D.C. Tsui, H.L. Stormer, and A.C. Gossard: *Two-Dimensional Magnetotransport in the Extreme Quantum Limit.* Phys. Rev. Lett. **48**, 1559 (1982)
3. H.L. Stormer, A. Chang, D.C. Tsui, J.C.M. Hwang, A.C. Gossard, and W. Wiegmann: *Fractional Quantization of the Hall Effect.* Phys. Rev. Lett. **50**, 1953 (1983)
4. A. Hartland, K. Jones, J.M. Williams, B.L. Gallagher, and T. Galloway: *Direct Comparison of the Quantized Hall Resistance in Gallium Arsenide and Silicon.* Phys. Rev. Lett. **66**, 969 (1991)
5. R.B. Laughlin: *Anomalous Quantum Hall Effect: An Incompressible Quantum Fluid with Fractionally Charged Excitations.* Phys. Rev. Lett. **50**, 1395 (1983)
6. R. de-Picciotto, M. Reznikov, M. Heiblum, V. Umansky, G. Bunin, and D. Mahalu: *Direct observation of a frac-*
7. L. Saminadayar, D.C. Glattli, Y. Jin, and B. Etienne: *Observation of the e/3 Fractionally Charged Laughlin Quasiparticle.* Phys. Rev. Lett. **79**, 2526 (1997)
8. J.K. Jain: *Composite-Fermion Approach for the Fractional Quantum Hall Effect.* Phys. Rev. Lett. **63**, 199 (1990)
9. B.I. Halperin: *Statistics of Quasiparticles and the Hierarchy of Fractional Quantized Hall States.* Phys. Rev. Lett. **52**, 1583 (1984); erratum **52**, 2390 (1984)
10. D. Arovas, J.R. Schrieffer, and F. Wilczek: *Fractional Statistics and the Quantum Hall Effect.* Phys. Rev. Lett. **53**, 722 (1984)
11. R.B. Laughlin: *The Relationship Between High-Temperature Superconductivity and the Fractional Quantum Hall Effect.* Science **242**, 525 (1988)
12. S.C. Zhang, T.H. Hansson, and S. Kivelson: *Effective-Field-Theory Model for the Fractional Quantum Hall Effect.* Phys. Rev. Lett. **62**, 82 (1989)
13. S.L. Sondhi, A. Karlhede, S.A. Kivelson, and E.H. Rezayi: *Skyrmions and the crossover from the integer to fractional quantum Hall effect at small Zeeman energies.* Phys. Rev. **B47**, 16419 (1993)

∞

Fra Fysikkens Historie

Det er blitt hevdet at norske fysikere har liten forståelse av hvordan fysikken har utviklet seg og av fysikkens plass i et kulturelt perspektiv. Ved Universitetet i Oslo har en forsøkt å rette litt på dette. Studentene i kurset "FYS 112 Elektromagnetisme" fikk denne høsten som obligatorisk oppgave å skrive en kort artikkel om en historisk fysiker knyttet til elektromagnetismen. Oppgaven ble stort sett meget godt mottatt blant studentene, og kursledelsen fikk mange interessante besvarelser å lese gjennom. Vi tror at også lesere av Fra Fysikkens Verden vil kunne kose seg med noen av disse historiene og gjengir her en av besvarelsene. Flere detaljer om oppgavetekst m.m. finnes på internett: http://www.fys.uio.no/kurs/fys112

Hans Christian Ørsted (1777–1851)

Mannen som oppdaget sammenhengen mellom elektrisitet og magnetisme

Elektrisitet og magnetisme i det 18. århundre

På slutten av 1700-tallet begynte en generell teori om elektriske fenomener å ta form, og en rekke viktige oppdagelser var blitt gjort. Det var for lengst kjent at det fantes to typer elektrisitet, som takket være amerikaneren Benjamin Franklin ble kalt *positiv* og *negativ* elektrisitet, selv om man ikke klarte å finne ut av hva disse forskjellige typene elektrisitet

egentlig var for noe. Videre hadde engelskmannen Stephen Gray oppdaget at elektrisitet kunne "flyte" fra et sted til et annet (elektrisk strøm), og franskmannen Charles Coloumb hadde oppdaget sin berømte lov om kraften som virker mellom ladde legemer.

En del oppdagelser om magnetiske fenomener var også blitt gjort. For eksempel hadde engelskmannen William Gilbert utført omfattende undersøkelser av krefter mellom magnetiske legemer, og hadde konkludert med at Jorden virket omtrent som en stor stavmagnet. Men bindeleddet mellom elektrisitet og magnetisme, og dermed en forståelse av hvordan magnetiske krefter oppstår, manglet fortsatt. Denne sammenhengen ble oppdaget i 1820 av dansken Hans Christian Ørsted.

Fra apotekerlærling til professor

Hans Christian Ørsted var sønn av en apoteker og ble født i Rudkøbing i Danmark 11. august 1777. Han gjennomgikk normal skolegang, som på den tiden stort sett betydde lesing, skriving, og noe regning. Da han var 13 år gammel begynte han i apotekerlære hos faren. Under denne læren fanget han interesse for naturvitenskap. Følgelig begynte han fire år senere, i 1794, å studere ved universitetet i København, hvor han etter Examen Philosophicum først tok en grad i farmasi (1797). På denne tiden var imidlertid naturvitenskap fortsatt knyttet til filosofi, og doktorgraden sin tok han i metafysikk (1799). Etter kort tid begynte han imidlertid å interessere seg for fysikk og mer eksperimentelt rettet forskning, og ble utnevnt til professor i fysikk ved universitetet i København i 1806.

Ørsteds forskning

Ørsteds første artikkel var om det han kalte "likheten mellom elektriske og kjemiske krefter", hvor han viste at elektriske krefter var drivkraften i kjemiske reaksjoner. Elektrisitet ble også videre hans viktigste forskningsfelt, men han drev dertil en del forskning innen akkustikk, og arbeidet bl.a. med problemer rundt kompressibiliteten til vann.

Militær forskning var svært viktig på den tiden. Ørsted arbeidet derfor ikke bare med grunnleggende forskning på elektriske strømmer, men også med hvordan man kunne bruke dem til å detonere sprengstoffer.

Den store oppdagelsen

Så vidt man vet, spekulerte Ørsted i lengre tid på om det kunne finnes noen sammenheng mellom elektrisitet og magnetisme. Fenomenene virket jo nokså analoge: man hadde postitive og negative elektriske ladninger, og magneter hadde nord- og sørpoler. For elektriske legemer gjaldt at legemer med motsatt ladning tiltrakk hverandre, mens legemer med lik ladning frastøtte hverandre; og situasjonen for magnetiske nord- og sørpoler var helt analog.

I 1820 gjorde Ørsted en oppdagelse som gav ham svaret. Den enkle, men banebrytende oppdagelsen var at hvis man setter en kompassnål i nærheten av en strømførende ledning, vil kompassnålen stille seg vinkelrett på ledningen. Flere hadde forsøkt å finne en sammenheng mellom magnetisme og elektrisitet tidligere, men stort sett alle hadde gått fram ved å utsette kompassnåler for et statisk elektrisk felt, ikke for en strøm i bevegelse, og hadde derfor ikke funnet noen sammenheng. I følge historien skal oppdagelsen ha blitt gjort på en kveldsforelesning Ørsted holdt om elektriske og magnetiske fenomener. Ørsted hadde naturlig nok med seg både et kompass og en ledning tilkoblet et batteri, og foran forbausede tilhørere observerte han plutselig at kompassnålen begynte å røre på seg når det gikk strøm gjennom ledningen. Om oppdagelsen faktisk ble gjort på en så dramatisk og overraskende måte, er uvisst. Mye kan tyde på at Ørsted faktisk visste hva som ville skje på forhånd, og brukte "oppdagelsen" mer til å piffe opp forelesningen.

Uansett var det en banebrytende oppdagelse, men det gikk en stund for Ørsted offentliggjorde en artikkel om den. Han gjennomførte først en rekke grundigere forsøk sammen med flere andre vitenskapsfolk og "vitner", som han kalte det. Han observerte hvordan kompassnålen innstilte seg ved forskjellige posisjoner i forhold en strømførende ledning, og beskrev nokså kvalitativt hvordan avstanden mellom ledning og kompassnål virket inn på utslaget. En av observasjonene var at hvis den elektriske lederen løper i nord–sør-retning over en magnetnål med den negative polen i nord, så vil nordpolen til kompassnålen dreie mot vest. Plasseres der imot ledningen under kompassnålen, vil nordpolen dreie mot øst, noe man i dag lett kan etterprøve (høyrehåndsregelen).

Resultatene ble først utgitt i en pamflett i juli samme året (1920), altså nesten seks måneder etter den første oppdagelsen. Imidlertid var Ørsted faktisk ikke den første som hadde observert at elektrisk strøm virket inn på en kompassnål. Oppdagelsen

var faktisk blitt gjort 18 år tidligere, i 1802, av en italiensk jurist, Gian Domenico Romagnosci. Oppdagelsen ble imidlertid bare publisert i et lite lest tidsskrift, og ingen la større merke til den.

Ørsteds forklaring

Ørsted kalte kraften som gjorde at en strøm virker på magnetiske legemer, for *'elektrisk konflikt'*, som omtrent tilsvarer det vi i dag ville kalle et magnetfelt. Symmetrien i hvordan kompassnålen rettet seg inn etter retningen på lednignen, fikk ham til å konkludere at denne elektriske konflikten måtte utføre en slags sirkelbevegelser, eller "gyrasjoner".

I dag forestiller vi oss magnetsike feltlinjer rundt en rett leder som konsentriske sirkler. At et felt kunne ha en slik geometri, falt imidlertid ikke Ørsted inn i første omgang. Den elektriske konflikten ble jo åpenbart skapt av den elektriske strømmen, og dermed måtte jo feltlinjene etter Ørsteds mening også ha sitt utspring i den elektriske lederen, slik elektriske feltlinjer har sitt utspring i en elektrisk ladning. Dermed antok han at den elektriske konflikten hadde spiralform. Han forklarte dette med at *neagtiv* "elektrisk kraft" i bevegelse gjennomførte en spiralbevegelse i én retning, og virket kun på den ene polen av en magnet. På samme måte gjennomførte *positiv* "elektrisk kraft" i bevegelse en spiralbevegelse i den andre retningen, og virket kun på sørpolen av en magnet, slik at nord- og sørpolen ble avbøyd i forskjellige retninger.

Følgene av Ørsteds oppdagelse

Oppdagelsen av sammenhengen mellom elektrisitet og magnetisme gjorde Ørsted med ett berømt og ansett. Han reiste mye rundt i Europa, og ble hedret med æresmedlemskap i flere prestisjetunge vitenskapelige selskaper, som Royal Society i England og I'Institut de France i Frankrike. Han grunnla også sitt eget selskap med formål å gjøre vitenskap mer tilgjengelig for almenheten, en oppgave han brukte mye av sin tid på helt fram til sin død i 1851.

Ørsteds oppdagelser banet veien for mange flere. André Marie Ampère begynte sine egne forsøk så snart han fikk høre om Ørsteds oppdagelser, og innen kort tid hadde han kommet fram til sin berømte lov om magnetiske krefter mellom elektriske ledere, og lagde en riktigere modell av det magnetiske feltet enn Ørsteds egen, noe snodige forklaring. Videre ble Michael Faraday trolig inspirert av sine møter med Ørsted til å gjennomføre sine berømte eksperimenter med elektromagnetisk induksjon.

Alt i alt kan man si at selv om Ørsteds observasjoner i grunnen var enkle, nesten banale etter dagens oppfatninger, så la de grunnlaget for hele teorien om elektromagnetisme, og var begynnelsen på det lange arbeidet med å forene de fundamentale kreftene i fysikken.

Kilder:

Morris H. Shamos: Great Experiments in Physics.
Britannica Online: Artikler om H. C. Ørsted, History of Physics, Electromagnetism, etc.

Jan Ivar Korsbakken

∞

Fysikk i Skolen

Hva er utfordringene for fysikkfaget i videregående skole?

Jeg blir stadig utfordret til å si og mene noe om realfagkrisa overfor medier og overfor mennesker som kommer på besøk til Blindern. Da må jeg spørre tilbake: Hvilken av krisene? Er dere interessert i "hele pakka"? Det er flere steder i samfunnet og utdanningssystemet vi merker at utfordringene står i kø innenfor realfag. I forrige nummer av FFV berørte jeg rekrutteringsproblemene til læreryrket. Vi vet også at uroen er stor i noen miljøer for rekrutteringen til realfagene, spesielt fysikk, i videregående skole og til studier ved universitetene og vitenskapelige høgskoler. Vi registerer også en uro fra universitetsmiljøene over elevers fysikkunnskaper fra videregående skole. Dette kom klart fram på et møte i Trondheim i oktober, der fysikklærere fra de videregående skolene i Trondheimsområdet og universitetsfysikere fra NTNU møttes til et debattmøte i regi av fylkeskontaktgruppa for Norsk Fysikklærerforening.

Tema for kvelden var: "De nye læreplanene i fysikk, nye typer eksamensoppgaver og elevenes fysikk-kunnskaper." Noe av bakgrunnen for møtet var den kritikken som nå reises fra universitetshold mot fysikkfaget i videregående skole og elevenes manglende kunnskaper i fysikk (og matematikk) for å starte på fysikk- og ingeniørstudier, og mange læreres skepsis til de eksempelsettene med nye eksamensoppgaver fra Eksamenssekretariatet. Som-

meren/høsten 1998 strøk 65 % av de elevene som deltok i et forkurs i 3FY (fysikk i 3. klasse) over 2 uker ved NTNU. Disse elevene hadde gjennomført 2FY fra videregående skole og var tatt opp som studenter ved NTNU.

På møtet i Trondheim kom det fram til dels sterk kritikk fra universitetsmiljøet mot fysikkfagets innhold i skolen og elevenes manglende evne til å håndtere matematiske uttrykk. Det ble hevdet at det elendige resultatet med 65 % stryk ved forkurset i 3FY, skyldtes blant annet omleggingen av matematikken og den overdrevne bruken av kalkulatorer på bekostning av algebra og bokstavregning. Derivasjon og integrasjon må inn i fysikken i videregående skole sammen med mer teknologi, ble det hevdet. Oppgaver må ta utgangspunkt i dagliglivets problemer. Ingen kvarker, ingen astrofysikk og bare minimalt med historisk fysikk er nødvendig. Vi kan ikke ha noen egen norsk fysikk der en vektlegger Newtons liv like mye som hans fysikk, var synspunkter som ble hevdet fra NTNU.

Etter å ha lest referatet fra dette møtet, tenker jeg: Hvordan ville utsagnene sett ut dersom andre interessegrupper ble invitert til å uttale seg? Hvor mye ville utsagene sprike eller falle sammen? Her er det mange spørsmål som melder seg:

- Hvem bør bestemme innholdet i fysikkfaget i videregående skole?
- Hvor stor vekt skal vi legge på at videregående skole ikke bare skal være studieforberedende?
- Hvorfor krever ikke NTNU full fordypning i fysikk fra videregående skole?
- Hva er egentlig dagliglivet til elevene, et dagligliv som skal danne utgangspunkt for fysikkundervisningen og eksamensoppgavene?

Når det i mange sammenhenger klages over elevenes fysikkunnskaper, er det grunn til å minne om at norske fysikkelever (3FY) var blant de beste elevene i den internasjonale TIMSS-undersøkelsen som ble gjennomført i 1995 (TIMSS = Third International Mathematics and Science Study). Nå var det riktignok bare 8 % av årskullet som leste 3FY i 1995. Dette var et av de laveste tallene for deltakerlandene, og det kan jo bety at det bare er de beste elevene som velger fysikk i videregående skole i Norge i forhold til andre land. Men nok om det, og tilbake til overskriften: *Hva er utfordringene for fysikkfaget i videregående skole?*

- Er det innholdet det er noe galt med?
- Er det måten det blir presentert på?
- Kan elevene for lite matematikk, eller behersker de ikke de riktige områdene av matematikken?
- Eller ligger "krisa", og dermed utfordringene, utenfor fysikkfaget?

Fysikkfaget er nylig revidert. Nye lærerplaner og lærebøker er tatt i bruk både i 2FY og 3FY fra høsten 1998. Men endringene er ikke store i forhold til forrige læreplan, verken når det gjelder innhold eller nivå. Da læreplanene skulle revideres, inviterte vi alle fysikklærere i videregående skole til å komme med innspill om hva som burde gå ut og hva som burde komme inn. Lærerne var stort sett fornøyd med læreplanen slik den var, fordi de mente at den ivaretok to viktige perspektiv: Faget skal både gi allmenndannelse og være studieforberedende. Det ble lagt vekt på at 2FY skulle være mer kvalitativt med lokal eksamen, mens 3FY skulle være mer kvantitativt og med sentralgitt eksamen. Litt forenklet kan vi si at 2FY ivaretar det allmenndannende perspektivet i sterkere grad enn 3FY som er mer studieforberedende. Og da er det kanskje ikke riktig å forvente at elever/studenter skal kunne beherske 3FY etter 2 uker ved NTNU, når vi vet at evnen til å formulere seg kvantitativt i stor grad er et modningsspørsmål. Fjorten dager er kanskje greitt når det gjelder å lese gjennom et pensum, men modningen og fordøyingen tar tid. Hadde det ikke heller vært en idé å kreve 3FY ved inntak til NTNU når undervisningen bygger på dette nivået? Det er god studieveiledning å tydeliggjøre hva studiene reelt bygger på av forkunnskaper slik at elever kan foreta de riktige valgene i videregående skole.

Dersom vi svarer ja til at fysikkfaget også skal ha en allmenndannende funksjon, vil valg av innhold være annerledes enn om det bare skulle være studieforberedende. Det henger blant annet sammen med det vi kan kalle elevenes "dagligliv". Mediene skaper en virkelighet for oss alle, også elevene, som tilsier at de bør ha med temaer som setter dem i stand til å forstå og vurdere en del av den informasjonen som kommer gjennom mediene. Dette stoffet vil nødvendigvis få mer preg av "pratestoff".

Jeg mener selvfølgelig at fysikere ved universiteter, vitenskapelige høgskoler, i lærerutdanningen og fysikklærere i videregående skole, skal være med å utforme fysikkfaget i skolen. Men da må vi først enes om hvilken funksjon faget skal ha i skoleverket. Dernest er det viktig at vi finner ut om elevenes manglende interesse for fysikk og deres sviktende

kunnskaper for å starte studier i faget (slik mange hevder), skyldes innhold, metode eller hva? Det er derfor viktig at vi starter en debatt om fysikkfagets innhold og metode og andre faktorer som virker inn på elevers motivasjon og kunnskaper. Jeg vil derfor utfordre fysikere og fysikklærere som er opptatt av disse spørsmålene om å ta for seg læreplanen og læreverkene i fysikk for videregående skole og vurdere om sider av faget er for dårlig vektlagt eller for mye vektlagt, om metodene som velges ikke er saksvarende osv. Jeg skal gjerne skaffe bøker til dem som er interessert i å gjøre slike analyser og dermed bidra til en debatt her i Fra Fysikkens Verden. Hermed er utfordringen gitt. Min e-mail adresse er: *anders.isnes@ils.uio.no*

Anders Isnes

∞

Bokomtale

Lillian Hoddeson, Laurie Brown, Michael Riordan, and Max Dresden: The Rise of the Standard Model. Particle Physics in the 1960s and 1970s. Cambridge University Press, 1997 (714 sider) £ 55 (pbk £ 24.95).

Dette er proceedings fra et symposium som ble holdt i 1992 ved Stanford Linear Accelerator Center (SLAC), for å samle materiale for vitenskapshistorikere, og samtidig la aktørene få anledning til å fortelle *sin* historie. Det har tidligere vært holdt to symposier i denne serien ved Fermilaboratoriet nær Chicago, viet 1930–1940-årene og 1950-årene til begynnelsen av 1960-årene. Også disse er sammenfattet i bokform. Boken fra 1992-symposiet har bidrag fra 45 deltakere, herav 8 nobelprisvinnere og potensielle prisvinnere.

Boken gir interessante innblikk i hvordan fysikere tenkte i 1960–1970-årene, hva de var opptatt av, samt hvilke blindgater de fulgte.

Perioden begynte med mye forvirring. Gell-Mann hevdet at "quarks are not real" (noe han i boken sier skyldtes en misforståelse av hva han mente med "real"), og feltteori var fortrengt til fordel for S-matriseteori. Landau skal ha sagt: "Let fields be buried, but with respect." Det var også en sterk vektlegging av hadronspredning ved små impulsoverføringer, noe som viste seg å være lite fruktbart. Dette siste problemet blir trukket fram av bl.a. Gross og Richter. Etter hvert ble det en overgang til fysikk ved store impulsoverføringer, og elektron–positron-kollisjoner. Presisjonseksperimenter spilte også en viktig rolle.

Mange av de viktigste oppdagelsene fra denne perioden fant sted i USA. Goldhaber beretter om oppdagelsen av ψ-partikkelen (nå kjent som J/ψ) i 1974, og om mesoner med "charm", og Perl om oppdagelsen av tau-leptonet i 1975, alt ved SLAC.

Lederman gir en fargerik beskrivelse av hvordan ypsilon-partikkelen og b-kvarken ble oppdaget ved Fermilaboratoriet i 1977, Cronin forteller om oppdagelsen av CP-brudd (1964), og Kobayashi om hvordan dette passer med å ha 6 kvarker.

Veltman presenterer en detaljert beskrivelse av slitet med å vise renormaliserbarhet av elektrosvak teori. Her er også 't Hoofts beretning om hvordan han lyktes i å vise renormaliserbarhet av masseløs og massiv Yang–Mills-teori (1971), noe som er sentralt i dagens elektrosvake teori, og hvordan han fant asymptotisk frihet (uten riktig å forstå betydningen).

Susskind og Polyakov diskuterer "confinement"-problematikken. Om formulering av gaugeteorier på et gitter, sier Susskind: "The main achievement of the computers in the subject of quantum field theories was to force Wilson to think clearly."

Richter tar for seg overgangen til maskiner med kolliderende stråler, i motsetning til de man hadde brukt tidligere, med fast "target". Han beklager at ISR (ved CERN) ikke bidro mer til fysikken, noe som skyldtes at man var for mye opptatt av fenomener ved små impulsoverføringer. Dette følges opp av Johnsen, som sier om ISR (som han var ansvarlig for å bygge) at det var en perfekt maskin som fysikerne desverre ikke riktig visste hvordan de skulle utnytte. Schwitters beskriver overgangen til "store" detektorer, hvor mange systemer er integrert, og hvor hurtig elektronikk etter hvert er blitt helt sentral.

Schwartz forteller om tidlig nøytrinofysikk, hvordan det ble påvist at der er to nøytrinotyper (i dag kjenner vi tre typer). Perkins hevder, i sin diskusjon av nøytrale strømmer og boblekammer, at europeiske fysikere på den tid manglet selvtillit, sammenlignet med sine amerikanske kolleger, og at dette bidro til at det tok lang tid før resultatene fra nøytralstrømeksperimentene ved CERN (1973) ble akseptert.

Prescott diskuterer hvordan man forsøkte å teste Weinberg–Salam-modellen ved å lete etter paritets-

brudd i atomer. Mange av de første (vanskelige!) eksperimentene rapporterte om resultater som senere viste seg å være feilaktige. Det var SLACs eksperiment som i 1978 først viste definitivt at der var paritetsbrudd i elektron–nukleon-vekselvirkningen.

Friedman forteller om oppdagelsen av kvarker ved SLAC på slutten av 60-tallet, og Wu om oppdagelsen av gluonet ved DESY i Hamburg (først presentert av Wiik på nøytrinokonferansen i Bergen i 1979).

Noen uttrykker bitterhet, kanskje spesielt Veltman og Lipkin, fordi de føler at andre har fått mye ros for utviklinger hvor de selv har spilt en sentral rolle.

Boken inneholder mange tankevekkende utsagn. Det er fristende å sitere noen. Weinberg: "Theories are the result of experience with many experiments, attitudes are the product of experience with many theories." Heilbron: "It's dangerous to give people who have no money too wide an aquaintance with mathematics" (etter Napoleon); og "A theorist is like a librarian, who arranges the collections of science – confirmed experimental results – in the way most convenient for overview and retrieval" (etter Poincaré).

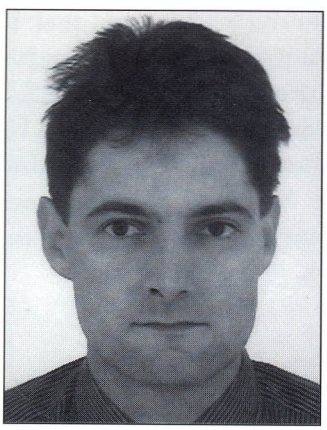
Boken, som er tenkt å samle materiale for fysikkhistorikere, er fascinerende lesning.

Per Osland

∞

Nye Doktorer

Ronny A. Albrechtsen



Sivilingeniør Ronny A. Albrechtsen forsvarte 18. august 1998, avhandlingen *Measurement and analysis of multiphase flow using X-ray and electromagnetic techniques* for graden Doctor of Philosophy (Ph.D.) ved Aalborg Universitet i Danmark.

Problemstillingen er relevant i forbindelse med offshore petroleumsproduksjon hvor det blir mer og mer vanlig å sende gass, olje og vann i samme rørledning for å redusere kostnadene. I denne sammenhengen er det behov for bedre flerfasemålere og mer kunnskap om flerfasestrømning generelt.

Albrechtsen har utviklet et hurtig røntgendensitometer for nøyaktig måling av tverrsnittfordelingen av gassfasen i horisontal gass/væske strømning i rør. Ved å analysere målesignalene med statistiske metoder, fant han en ny og objektiv metode for å identifisere strømningsregimer i tofasestrømninger. Matematiske modeller som beskriver fasefordelingen i rørtverrsnittet, ble også utviklet og testet ved hjelp av røntgendensitometeret.

Albrechtsen har også undersøkt muligheten av å bruke en induktiv teknikk til å måle vannfasen i en flerfasestrøm. Denne teknikken er i prinsippet bare sensitiv for elektrisk ledende objekter, slik som vann i en strøm av gass, olje og vann. Ved bruk av både teoretiske og eksperimentelle metoder demonstrerte han at målemetoden har et potensial til å måle vannfasen i flerfasestrømning.

Doktorgradsstudiet er forankret i et samarbeid mellom Høgskolen i Stavanger og Aalborg Universitet. Arbeidet med avhandlingen er utført i Stavanger, med et opphold ved University of Manchester i England, og ble finansiert av Norges forskningsråd. Veiledere har vært førsteamanuensis Rune Time ved Høgskolen i Stavanger og Bjarne Aas, som er seniorforsker ved Rogalandsforskning og professor II ved Høgskolen. Albrechtsen ble utdannet sivilingeniør i petroleumsteknologi i Stavanger i 1990. Han er nå tilsatt som førsteamanuensis ved Høgskolen Stord/Haugesund og er tilknyttet Polytec i Haugesund som senioringeniør.

∞

Annik Magerholm Fet

Cand.real. Annik Magerholm Fet har tatt graden doktor ingeniør ved Institutt for termisk energi og vannkraft, NTNU, med avhandlingen *Metoder for å analysere og vurdere miljøytelser i systemers livsløp. Demonstrert for skipsindustrien.*

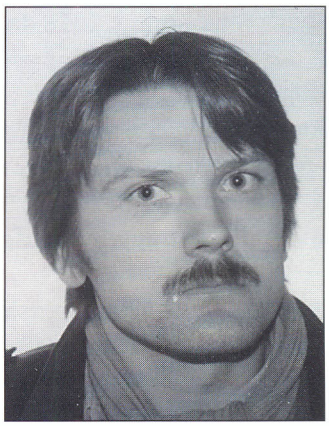
Avhandlingen fokuserer på miljøbelastninger til kompliserte industrisystemer. For å illustrere dette er et skips livsløp vurdert. En rekke områder behandles: materialvalg, overflatebehandling, vedlikehold og utslipp til luft og sjø ved bygging og drift av skipet. Avhandlingen peker på behovet for at miljøaspekter forbundet med avhending av skip må vurderes tidlig i prosjekteringsfasen.

Doktorarbeidet, som har vært gjennomført i nært samarbeid med skipsverft og redere i Møre og Romsdal, legger et grunnlag for videre utvikling av miljøvurderinger både for skip og for tilknyttet industri. Arbeidet har dessuten vært et ledd i å øke samarbeidet mellom industri, forskning og utdanning i regionen, samtidig som hensikten har vært å gi økt kompetanse for industribedrifter på miljøområdet. Professor Odd Andreas Asbjørnsen var hovedveileder, og professor Helge Brattebø ved Senter for miljø og utvikling, var medveileder.

Annik Magerholm Fet er ansatt som førsteamanuensis ved Høgskolen i Ålesund. Hun er også professor II ved Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse ved NTNU.

∞

Tore Guneriussen



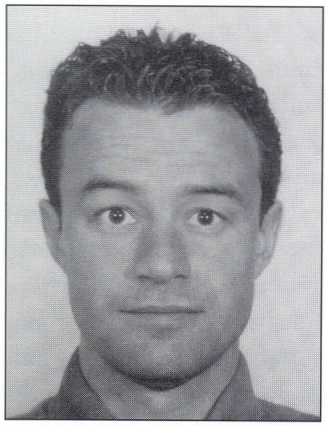
Cand.real. Tore Guneriussen forsvarte den 25. september 1998, avhandlingen *Snow Characteristics in Mountainous Areas as Observed with Synthetic Aperture Radar (SAR) Instruments* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Tromsø.

Avhandlingen tar for seg hvordan billedinformasjon fra fly- og satellittbårne radarinstrumenter kan benyttes til å beskrive snødekket og dets sammensetning. Sammenhengen mellom snøtilstanden (tetthet, dybde, temperatur, fuktighet, kornstørrelse etc.) og det mottatte radarsignalet er kompleks, og radarbildet er også sterkt påvirket av topografi og bakkens art. I avhandlingen er det benyttet felt-, fly- og satellittdata kombinert med teoretiske modeller, for å beskrive sammenhengen mellom radardata og snøegenskaper. Det er forsøkt å se variasjonene i radarobservasjonene i forhold til egenskaper ved snødekket slik disse er målt i felt. Ved å øke forståelsen av denne sammenhengen kan satelittbaserte radarobservasjoner gi informasjon om snødekket som kan være av betydning for klimaforskning og for utnyttelse av vannkraftreserver.

Tore Guneriussen ble cand.real. i fysikk ved Universitet i Tromsø i 1985, og er ansatt som forsker ved NORUT Informasjonsteknologi AS i Tromsø. Doktorgradsarbeidet har vært utført i perioden 1994-1998 med finansiering fra Norges forskningsråd, EU-programmet Miljø og Klima, Energiforsyningens Fellesorganisasjon, Statkraft, og Norges vassdrags- og energiverk.

∞

Are Haugan



Cand.scient. Are Haugan forsvarte i juni i år sin avhandling *Development of Methods for Obtaining Position Image and Chemical Binding Information from Flow Experiments of Porous Media*, for dr.scient.-graden ved Universitetet i Oslo.

Fløming av olje og vann i porøse medier er viktig i oljeutvinning. Ny kunnskap om denne prosessen kan resultere i bedre utnyttelse av oljereservoarer. Flømmingseksperimenter i laboratorieskala benyttes ofte til å studere fenomener som forekommer i oljeutvinning. I slike eksperimenter er det viktig å samle så mye informasjon som mulig for å lage en deskriptiv modell av systemet. Både posisjonsavbildning og kjemisk bindingsinformasjon er av interesse.

Nukleære metoder for å oppnå posisjonsavbildning og kjemisk bindingsinformasjon fra flømmingseksperimenter av porøse medier er blitt utviklet. Arbeidet ble utført ved Institutt for energiteknikk på Kjeller. Et kombinert *positron emission tomography* (PET) og *single photon emission computed tomography* (SPECT)-system for å oppnå posisjonsavbildning, og et *time-differential perturbed angular correlation* (TDPAC)-system for å oppnå kjemisk bindingsinformasjon, er utviklet og testet. Testene viser at systemene er egnet til bruk ved flømmingseksperimenter av porøse medier.

Noen av problemene med kommersielle PET-systemer er kraftig redusert i det nye systemet p.g.a. dets enkelhet. Posisjonsavbildningene blir derfor av høy kvalitet. Prisen å betale for dette er dårlig tidsoppløsning. Likevel er systemet velegnet til å studere fløming i porøse medier.

Det nye PET/SPECT-systemet er modulært, og består primært av komponenter som er vanlige i laboratorier som utfører nukleære målinger. Dette resulterte i et lavkostnadsystem, og kan gjøre disse avbildningsteknikkene mer tilgjengelige.

PET og SPECT blir vanligvis benyttet innen nukleær medisin, og TDPAC har vist seg spesielt nyttig i studier av strukturen til faste stoffer og makromolekyler. Teknikkene kan imidlertid bli slagkraftige verktøy i flømmingseksperimenter i porøse medier.

Haugan er nå forsker ved Institutt for energiteknikk.

∞

Christian Heinlein

Diplomingeniør Christian Heinlein fra Nederland, har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) med avhandlingen *Sammensatt halvleder molekylstråleepitaksi; nitridering av safirsubstrat for GaN-epitaksi og selektiv regroing av GaAs ved hjelp av arsenkapsling*

Galliumnitrid (GaN) og galliumarsenid (GaAs) er to viktige halvledermaterialer. Elektronisk aktive lag av GaN – som regel deponert på safirsubstrat – har de senere år vakt stor interesse i halvlederindustrien, da slike lag benyttes for fremstilling av kort bølgelengde lysemitterende dioder (LED) og blå strøminjeksjon dioedelasere (LD). Slike komponenter er etterspurt for anvendelse i store fullfargeskala videodisplay til utendørs bruk (reklame, idrettsarenaer) og i trafikksignal (grønt lys) for vei og jernbane. Blå diodelasere utvikles spesielt for anvendelse innen optisk datalagring. Heinlein har spesielt tatt for seg prosedyrer for substratpreparering for GaN-epitaksi ved bruk av hydrogen- og nitrogenplasma. Kjemisk sammensetning og morfologi av substratoverflaten etter slik forbehandling er undersøkt med henholdsvis elektronspektroskopi og ulike mikroskopiske metoder.

Grunnleggende materialegenskaper gir GaAs klare fortrinn fremfor silisium for anvendelser innen optoelektronikk og i høyhastighets elektroniske kretser. Epitaksielle halvlederstrukturer for slike komponenter og integrerte kretser forutsetter ofte sekvensiell deponering avbrutt av kjemisk prosessering, dvs. regroing på prosesserte halvledersjikt. Heinlein har vist at et tynt lag med arsen effektivt beskytter GaAs-overflaten mot forurensning under slik prosessering. Dette leder til GaAs-GaAs grenseflater med redusert konsentrasjon av urenheter, redusert ladningsdeplesjon og bedre elektroniske transportegenskaper, som er viktig for feilfri funksjon hos komponentene.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikalsk elektronikk, NTNU, med professor Jostein Grepstad som hovedveileder og førsteamanuensis Bjørn-Ove Fimland som medveileder.

Christian Heinlein ble utdannet som diplomingeniør ved Teknisk Universitet Braunschweig, Tyskland, i 1993, og er nå ansatt som utviklingsingeniør ved AME AS i Horten.

∞

Inger Solheim

Sivilingeniør Inger Solheim disputerte 4. juni 1998, for dr.scient.-graden i fysikk ved Universitetet i Tromsø. Avhandlingen har tittelen *Bidirectional and Spectral Reflectance Properties of Cladina stellaris and Flavocetraria nivalis and the Racomitrium lanuginosum moss.*

Avhandlingen tar for seg lysrefleksjon fra matter av lavartene kvitkrull og gulskinn, samt heigråmose. Hensikten med en grundig karakterisering av refleksjonsegenskapene til de utvalgte artene for synlig lys spektralt, er å øke nøyaktigheten ved kartlegging av vegetasjon ved hjelp av satellittbilder.

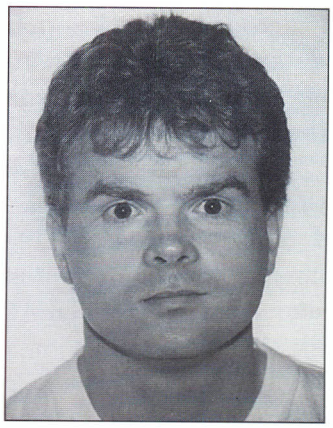
Heigråmosens spektrale refleksjonsmønster minner om refleksjonsmønsteret til tørr grønn vegetasjon. De undersøkte lavmattene hadde en høyere lysrefleksjon enn grønn vegetasjon. Laven har et refleksjonsmønster som er sterkt avhengig av belysnings- og observasjonsretning. Mosen sprer lyset jevnere i alle retninger.

Målingene ble brukt til å bestemme variablene til retningsavhengige refleksjonsmodeller. Dataene fra disse modellene ble koblet med en atmosfæremodell for å simulere lysrefleksjonskurven målt fra satellitt. Det simulerte satellittsignalet ble demonstrert brukt til å lokalisere områder med et potensielt lavdekke observert fra satellitt.

Inger Solheim ble utdannet sivilingeniør ved Institutt for fysikk, Universitetet i Tromsø, i 1992. Hun har vært ansatt som forsker ved NORUT Informasjonsteknologi i Tromsø siden august 1994. Doktorgradsarbeidet ble finansiert via Norges forskningsråds strategiske instituttprogram GAIA, og ble påbegynt i januar 1996. Målingene ble utført ved The European Goniometric Facility på Europakommisjonens Joint Research Centre, i Ispra, Italia.

∞

Tor Standnes



Cand.scient. Tor Standnes disputerte 10. juni 1998 for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen, med avhandlingen *Experimental investigation of ultrasound diffraction tomography.*

Standnes har undersøkt en avbildningsmetode som er basert på bruk av ultralyd og diffraksjonstomografi. Metoden tar hensyn til diffraksjonseffekter som er nødvendig når objektet som avbildes og bølgelengden er av samme størrelsesorden. Informasjon om objektet oppnås ved å sende ultralyd inn

mot det fra mange retninger og måle det transmitterte lydfeltet for hver retning. Fra disse målingene kan man rekonstruere objektets form og størrelse og i tillegg bestemme lydhastighet og absorpsjon i objektet. Slik ekstra informasjon kan være nyttig f.eks. i brystkreftundersøkelser, for å kunne skjelne mellom godartede og ondartede svulster.

Standnes har gjort eksperimenter og benyttet datasimuleringer for å utprøve metoden. Resultatene viser at kvantitativ avbildning med god romlig oppløsning og nøyaktig gjengivelse av lydhastighet, er mulig for objekter som er av størrelse fra ca. 2 til 100 bølgelengder og har hastighetskontraster i forhold til omgivelsene på mellom 0,1 og 10 %.

Basert på dette arbeidet og tidligere publiserte artikler, er det konstruert og bygget nytt eksperimentelt utstyr for å undersøke mulighetene for å kunne bruke metoden til medisinske undersøkelser. Den nye eksperimentelle utrustningen, sammen med ny programvare for geometrisk rekonstruksjon, vil kunne gjøre teknikken tilgjengelig for en ny type ultralydundersøkelse av brystkreft.

Tor Standnes tok cand.scient.-graden i fysikk ved UiB i 1993. Doktorgradsstudiet ble påbegynt i 1995 og er utført ved Fysisk institutt, UiB, med professor Jakob J. Stamnes som veileder. Standnes er nå ansatt som systemingeniør i medisinsk teknikk ved Siemens AS.

∞

Hege Urkedal

Cand.scient. Hege Urkedal disputerte 19. juni 1998 for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen, med avhandlingen *Design of Multiphase Flow Experiments.*

Strømning av olje, vann og gass i reservoarbergarter omtales som flerfasestrømning i porøse media. Urkedals avhandling beskriver hvordan laboratorieeksperimenter må utføres på prøver av bergartene for at måledata skal kunne gi vesentlig informasjon om strømningsegenskapene. Disse egenskapene blir representert ved flerparametrige funksjoner, og parametrene blir estimert på grunnlag av måledata.

Urkedals avhandling viser at med god eksperimentell design kan ulike eksperimenter analyseres før de blir utført, og en kan velge den type eksperiment og data som er nødvendige for å kunne få nøyaktige bestemmelser av strømningsfunksjonene i de metningsområder som trengs. Det betyr at en kan si på forhånd hvilke data en vil trenge og hvilke nøyaktigheter dataene må måles med for å kunne identifisere parametrene i strømningsfunksjonene. Dermed oppnås besparelser både i kostnader og tid. Det viser seg at både to- og trefase strømningsegenskaper kan bestemmes nøyaktig i bestemte metningsområder.

Urkedals arbeid er utført som en del av programmet "Advancing System and Parameter Identification" ved Rogalandsforskning i Stavanger, finansiert av Norges forskningsråd.

Hege Urkedal ble utdannet ingeniør ved Bergen Ingeniørhøgskole i 1991, og i 1994 tok hun cand.scient.-graden i fysikk ved Universitetet i Bergen. Samme år ble hun ansatt ved Rogalandsforskning i Stavanger. I 1995 ble hun tatt opp som dr.scient.-student ved UiB knyttet til reservoargruppen ved Fysisk institutt. Hun har under studiet oppholdt seg ved Texas A&M University i College Station, Texas, og er nå fagleder for reservoarteknologi ved Rogalandsforskning i Bergen.

∞

HUSK Å MELDE ADRESSEFORANDRING

Hilde Johnsen Venvik

Sivilingeniør Hilde Johnsen Venvik har forsvart sin avhandling *Adsorbater på kobolt og platina énkrystall overflater studert med scanning tunneling mikroskopi (STM)* for graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).

Avhandlingen omhandler gassadsorpsjon, atomstrukturer og vekstprosesser på overflater. Kjemiske prosesser på overflater har lenge vært utnyttet i heterogene katalysatorer, som brukes i stort omfang i kjemisk industri, i raffinering og i biler. Grunnleggende forståelse av overflaters fysiske og kjemiske egenskaper kan søkes gjennom studier av idealiserte systemer på atomær og molekylær størrelsesskala, som det er gjort i avhandlingen. Kobolt er et aktuelt katalysatormateriale for reaksjonen mellom CO og H_2 til ulike hydrokarboner.

Både innen katalyse og tynnfilmteknologi er det av interesse å studere hvordan et metalloverlag formes på en overflate av et annet metall og dermed endrer overflatens egenskaper. Et materiales overflate er alltid viktig for dets anvendelser. Eksempler er korrosjonsegenskaper og mekanisk og kjemisk stabilitet for mikroelektroniske komponenter.

Venviks doktorgradsarbeid har gitt ny kunnskap om hvordan CO adsorberer på koboltoverflater ved romtemperatur, som åpner for videregående studier av vekselvirkningen mellom CO og kobolt. Resultatene viser også at komplekse vekstmekanismer opptrer når små mengder av et metall deponeres på overflaten av et annet metall, og disse er påvirket både av egenskapene til tilsatsmetallet og strukturen i overflaten. En forventer at disse resultatene på lengre sikt kan bidra til større grunnleggende forståelse av prosesser på overflater, slik at en større grad av forutsigbarhet om overflaters egenskaper kan oppnås innen katalyse og tynnfilmteknologi.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med førsteamanuensis Anne Borg som hovedveileder og professor Ola Hunderi som medveileder. Hilde Johnsen Venvik er utdannet sivilingeniør ved Fakultet for fysikk og matematikk, NTH. Hun er nå ansatt som forsker ved SINTEF Kjemi.

∞

Bjørn Gerry Viksund

Cand.scient. Bjørn Gerry Viksund disputerte 29. mai for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen, med avhandlingen *Fluid Flow in Fractured Chalk Models at Different Wettabilities.*

Avhandlingen omfatter et studium av oljeutvinningsmekanismene i oppsprukne kalksteinsreservoarer. De store kalksteinsreservoarene i Nordsjøen har høy porøsitet, lav matrisepermeabilitet og er naturlig oppsprukket. Det har i lang tid vært antatt at injisert vann i slike reservoarer følger sprekkene til det suges opp i matriseblokkene og fortrenger olje, som deretter følger sprekkene mot produksjonsbrønnen. I den senere tid er det blitt foreslått at med tilstrekkelig kapillær kontakt mellom matriseblokkene, kan vann også presses gjennom disse på veien mot produksjonsbrønnen og derved øke utvinningsgraden av olje. For å øke forståelsen av mekanismene, er det bygget en flømmingsrigg ved Fysisk institutt, UiB, hvor en kan simulere en produksjonssituasjon der virkningen av kapillære krefter, viskøse krefter og gravitasjonskrefter kan studeres samtidig. Doktoranden har utført eksperimentene sine på dette utstyret.

Avhandlingen peker på at der er store mengder mobil olje igjen i matriseblokkene etter spontan vannoppsuging når matriseblokkene ikke er vannvåte. Det er vist at effekter fra sprekker avtar

allerede når fukten i matriseblokkene reduseres fra strengt vannfuktende til moderat fuktende tilstand. Det er grunn til å tro at viskøs oljefortrengning kan være mulig i reservoarene i Nordsjøen der det er moderat til nøytralt fuktende tilstander. Under slike forhold vil selv lave differensialtrykk over matriseblokkene kunne føre til økt oljeproduksjon. Resultatene viser at ved tilstrekkelig bruk av vannflømming vil oljeutvinningen kunne bli større enn tidligere antatt.

Viksund har vært lønnet av Norges forskningsråd, og prosjektet er utført i nært samarbeid med Phillips Petroleum Company Norway.

Bjørn Gerry Viksund ble utdannet cand.scient. ved UiB i 1994, og han arbeidet deretter en kort periode som prosjektansatt ved Fysisk institutt. Høsten 1994 ble han opptatt som dr.scient.-student samme sted. Viksund har i løpet av doktorstudiet hatt et 8 måneders forskningsopphold ved University of Wyoming, USA.

∞

Trim i FFV

FFVT 4/98

Et ektepar inviterer fire andre ektepar til selskap. Ved ankomsten begynner håndhilsingen, men etter en stund stopper verten det, og ber alle de andre om å si hvor mange de allerede har hilst på. Forbausende nok er det ingen som oppgir samme tall. Hvor mange hadde vertinnen hilst på? (Det forutsettes at ektefeller ikke hilser på hverandre.)

Løsning FFVT 3/98

To fysikkstudenter fikk tilsammen 8 poeng i en sjakkturnering der alle spilte ett parti mot alle andre, og der alle spilte i hver runde. Spørsmålet var: Hvor mange deltakere var det når alle andre enn de to fikk like mange poeng?

La det i tillegg til de to være n deltakere, som hver fikk p poeng. Totalt antall poeng i turneringen er derfor

$$8 + pn.$$

På den annen side spiller hver spiller $(n+1)$ partier, så totalt antall partier (og derfor totalt antall poeng) er

$$\tfrac{1}{2}(n+2)(n+1).$$

Altså er

$$8 + pn = \tfrac{1}{2}(n+2)(n+1),$$

dvs

$$p = \frac{n}{2} + \frac{3}{2} - \frac{7}{n}.$$

Poengsummen må være heltallig eller halvtallig. Av uttrykket for p ser vi at det bare er tilfelle for $n = 1, 2, 7$ eller 14. Dessuten må poengsummen være positiv, og det utelukker $n = 1$ og 2. Da alle deltakerne fikk spille i hver runde, må det være et *like* antall deltakere. Dette utelukker $n = 7$, slik at det bare gjenstår ett alternativ, $n = 14$. Hver av de andre deltakerne fikk altså 8 poeng, og i alt var der 16 deltakere.

∞

Hva skjer

Biofysikermøtet 1999

Biofysikkgruppen i Norsk Fysisk Selskap har gleden av å invitere til nasjonalt kontaktmøte innen biofysikk, på Kongsvold Fjeldstue, fra torsdag 11. til lørdag 13. mars 1999. Vi håper å kunne gjenta suksessen fra det nasjonale biofysikkmøtet i 1997. Programmet blir planlagt slik at en kan benytte tog fra Oslo og Trondheim. Kongsvold Fjeldstue tilbyr en utmerket ramme for både faglig program og sosialt samvær. Påmeldingsavgiften er 300 kr. Kostnadene for overnatting, kost og losji blir ca. 1800 kr. Flere detaljer med påmeldingsskjema finnes på internett: http://www.phys.ntnu.no/konferanser/biofysikkmoete/ eller kan fås ved henvendelse til arrangementskomiteen:

Cecilia Futsæther, NLH, tlf: 64 94 87 52.
Eli Olaug Hole, UiO, tlf: 22 85 56 43.
Johan Moan, Radiumhospitalet, tlf: 22 93 42 68.
Bjørn Torger Stokke, NTNU, tlf: 73 59 34 34.

Påmelding før 1. februar, til: Cecilia Futsæther, Inst. for tekniske fag, NLH, Postboks 5065, 1432 Ås, fax: 64 94 88 10, e-mail: cecilia.futsaether@itf.nlh.no

VEL MØTT!

∞

Fysikermøtet 1999

Fysikermøtet 1999 vil bli avholdt i Bergen torsdag 17. til lørdag 19. juni. Program for møtet med utfyllende detaljer kommer i neste nummer av FFV.

Jan Petter Hansen

∞

EPS-konferansen 1999

European Physical Society arrangerer sin 11. hovedkonferanse, "Trends in Physics", i London, 6–10. september 1999. En internasjonal programkomité har invitert fremragende foredragsholdere for å presentere det nyeste innen fysikkfaget. Foredragene spenner over de aller fleste fagområder innen fysikk. Konferansedeltakerne har anledning til å holde egne innlegg. Det vil også bli arrangert en "Student Day" der studenter kan presentere sine arbeider ved postere eller foredrag.

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

Tidsfrister:
Innsending av abstracts: april
Hotellreservasjon (organisert av EPS): 31. mai
Påmelding: 9. juli

Deltakeravgift:
Medlemmer i EPS: £ 160
Studenter: £ 75

Mer informasjon om konferansen kan fås ved henvendelse til Norsk Fysisk Selskap, Fysisk institutt, UiO, Postboks 1048 Blindern, 0316 Oslo; e-mail: t.m.svendby@fys.uio.no; tlf: 22 85 56 41.

Informasjon er også tilgjengelig via internett: http://www.iop.org/IOP/Confs/EPS/

∞

Kristian Birkeland hedret i Japan

Den 30. september i år ble professor Kr. Birkelands vitenskapelige innsats omtalt og rost ved to arrangementer i Tokyo. Det begynte med et Birkelandsymposium i den norske ambassaden i Tokyo. Der var det tre foredrag: ett om Birkelands innsats som industriforsker, av forskningsdirektør Knut Harr, Norsk Hydro, ett om grunnforskeren Birkeland, av professor Alv Egeland og ett om hvilke konsekvenser Birkelands studier av jordas magnetfelt hadde hatt innen det japanske ionosfæreprogrammet i romalderen, av den japanske professoren N. Fukushima.

Samme dag ble Kr. Birkeland spesielt hedret ved et større arrangement ved Tokyo Universitets museum hvor ca. 100 inviterte gjester deltok. Birkelands byste – som er en gave fra Universitetet i Oslo, Det Norske Videnskaps-Akademi og Norsk Hydro – var plassert i sentrum for en ny, større utstilling av kjente japanske forskere. Ved åpningen var det korte innlegg av bl.a. rektor ved Tokyo Universitet, den norske ambassadøren i Tokyo, direktøren ved museet og forskningsdirektøren i Norsk Hydro, som alle nevnte Birkelands vitenskapelige innsats. Det ble påpekt at meget få utenlandske forskere har fått fast plass ved Universitetsmuseet i Tokyo.

Alv Egeland

∞

Nytt fra NFS

Priser til utdeling på Fysikermøtet

Norsk Hydros Birkelandpris i fysikk

Norsk Hydro vil i 1999 gi 25 000 kr til en fagpris som skal utdeles av Norsk Fysisk Selskap. Prisen gis for fremragende norsk forskning innen fagområdet fysikk. Det vil bli lagt hovedvekt på at arbeidet skal være av høy faglig kvalitet. Prisen bør normalt ikke deles på mer enn to personer.

Simrads Fysikkpris i elektro-optikk

Simrad Optronics A/S gir annet hvert år en fagpris i elektro-optikk. Prisen er på 15 000 kr og deles ut av Norsk Fysisk Selskap. Prisen gis for et norsk arbeid på fagområdet elektro-optikk eller et arbeid der elektro-optiske metoder er anvendt. Prisen skal gis som belønning for et arbeid som er utført av en eller flere personer innenfor de fem siste år før utdelingen. Både grunnleggende og anvendt forskning kan tilgodesees med prisen.

Norsk Fysisk Selskaps undervisningspris

Norsk Fysisk Selskap har med støtte fra Aschehoug, Cappelens forlag, NKI-forlaget, Norsk Undervisningsforbund og Statoil, opprettet et fond hvis avkastning hvert annet år vil bli brukt til en undervisningspris i fysikk. Prisen for 1999 er på 15 000 kr. Prisen deles ut til en eller flere som underviser i skolen (grunnskole eller videregående skole). Formålet med prisen er å styrke fysikkundervisningen og belønne en innsats av høy faglig kvalitet.

Mer informasjon er tilgjengelig via internett: http://www.fys.uio.no/nfs/

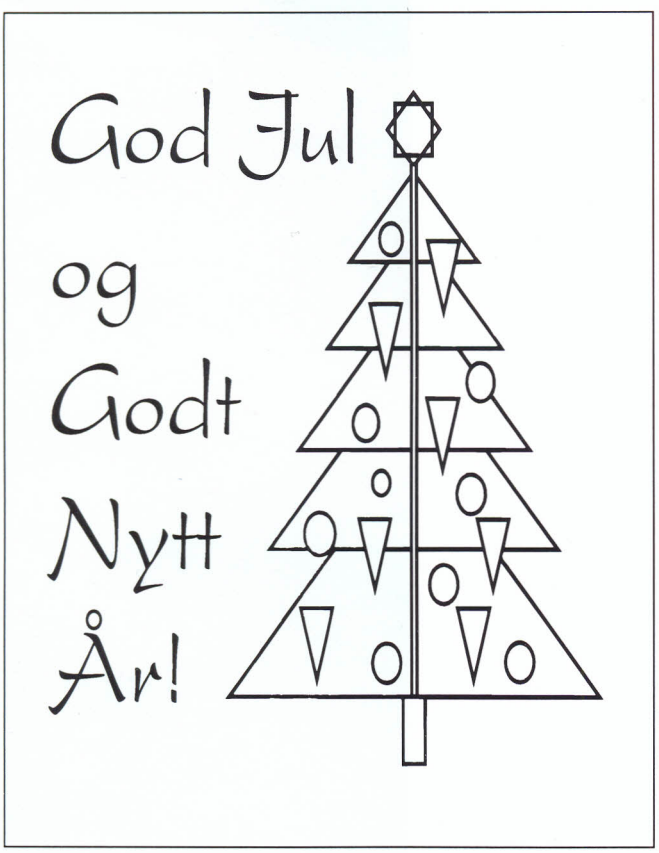
Begrunnede forslag på kvalifiserte kandidater til de tre prisene kan sendes til Norsk Fysisk Selskaps sekretariat innen 1. februar 1999.

∞

Ny internettadresse for NFS

Norsk Fysisk Selskap har fått ny adresse på internett: **http://www.fys.uio.no/nfs/**

∞



Nye medlemmer 27. oktober 1998:

Harald Bjerkeland
Ulstein v.g. skole, Årskogsteinen 15, 6065 Ulsteinvik

Knut Bodesberg
Høstad, 7070 Bosberg

Geir Arne Bosnes
Rissa v.g. skole, 7100 Rissa

Live Eikenes
Norges landbrukshøgskole, Pb. 344, 1430 Ås

Tor Fidje
Granheimlia 38, 1430 Ås

Hans Arne Frøystein
Justervesenet, Avd. nasj. normaler, Fetv. 99, 2007 Kjeller

Håkon Hundal
Steinkjer v.g. skole, 7700 Steinkjer

Randi Haakenaasen
FFI/E, Pb. 25, 2007 Kjeller

Anne Gerd Imenes
Pb. 547, 1432 Ås

Per Morten Kind
Institutt for fysikk, Lade, NTNU, 7034 Trondheim

Halvor Kippe
Raschsvei 25, 1178 Oslo

Steinar Knutsen
Institutt for fysikk, Lade, NTNU, 7034 Trondheim

Anette Kocbach
Pb. 1308, 1432 Ås

Finn Løvholt
Gamlevn. 2, 1430 Ås

Michaela Georgine Meir
Fysisk inst., UiO, Pb. 1048 Blindern, 0316 Oslo

Ole Morten Olsen
Vestavinden 40, 9015 Tromsø

Einar Otnes
Gardemoensgt. 7, 7041 Trondheim

Hege Urkedal
Thormølensgt. 55, 5008 Bergen

Bjørn Gerry Viksund
Holmegt. 30, 5500 Haugesund

∞

C-BLAD

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Thormod Henriksen
Fysisk inst., Univ. Oslo.
E-post: thormod @fys.uio.no

Visepresident:
Professor Kristian Fossheim
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.

Styremedlemmer:
Førsteaman. Olav Gaute Hellesø
Inst. for fysikk, Univ. Tromsø.
Førsteaman. Jan Petter Hansen
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Førsteaman. Anders Isnes
ILS, 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. for fysikk, Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. for teor. astrofysikk, Univ. Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 28
Fax.: 22 85 56 71 / 22 85 64 22
E-post:
oivin.holter@fys.uio.no
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 120 kr. (Studenter 60 kr.)
Løssalg 40 kr. pr. nummer.

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