Fra Fysikkens Verden

Nr. 2 – 1991
53. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Innhold

Carl Angell og Svein Lie:
Fysikkeksamen og eksamensfysikk 36

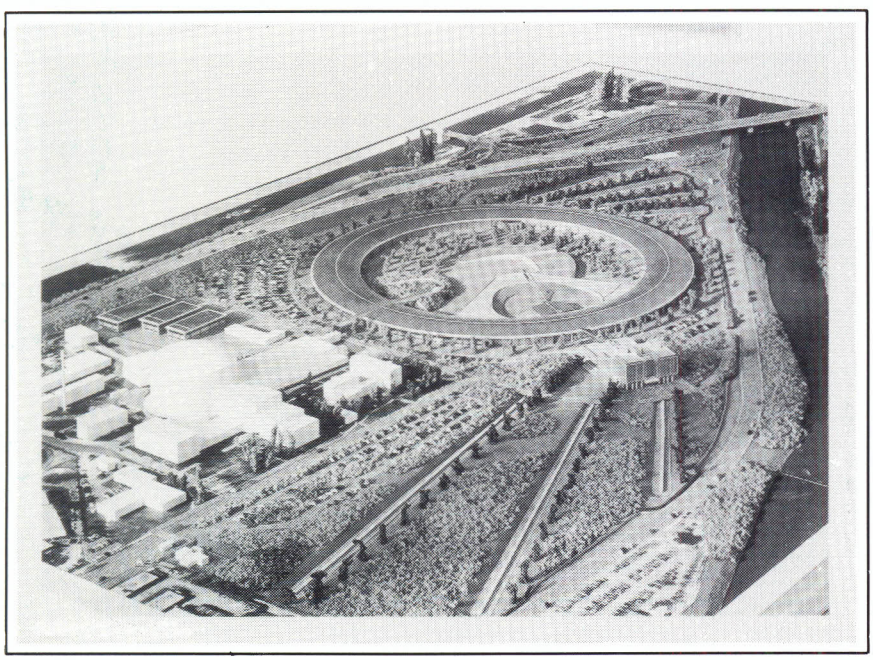
Eivind Fagerheim:
Radon/inneklima på Helgeland .. 38

Rolf Hummervoll:
Noen særegne trekk ved bergartsmagnetisme 41

Olav Steinsvoll:
Rondablikkseminaret 1990 46

In Memoriam: Kåre Johannes Lunde 30
Fra Redaktørene 30
Nobelprisen i Fysikk 1990 31
Nye Doktorander 32
Dr.Ing. Gaute Tomas Einevoll
Dr.Scient. Geir Helgesen
Dr.Scient. Steinar Stapnes
Dr.Scient. Bjørn Lybekk
Dr.Scient. Bjørn Jacobsen
Dr.Scient. Jann-Rune Ursin
Dr.Philos. Arne Graue
Dr.Scient. Jan Petter Hansen
Dr.Scient. Rolf Kahrs Hansen
Dr.Scient. Per Steinar Iversen
Dr.Scient. Geir Anton Johansen
Dr.Scient. Jan-Erik Nordtvedt
FFV Gratulerer 51
Trim i FFV 51
Bokkronikk: **Henning Knutsen**
Andrej Sakharov:"Memorarer" .. 52
Bokanmeldelser 53
Hva skjer 54
Nytt fra NFS 55
Nye medlemmer

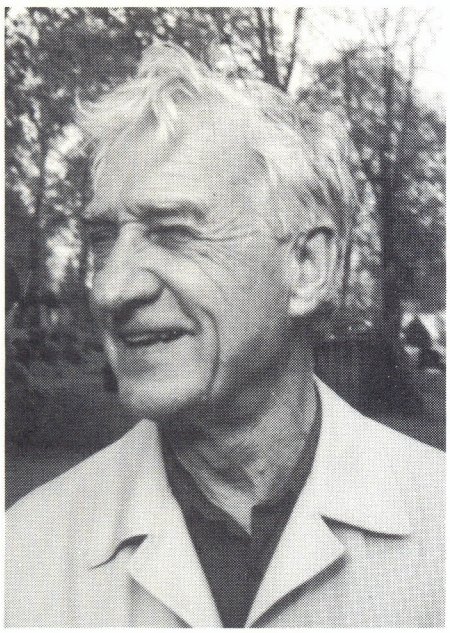
ISSN-0015-9247



Det Europeiske synkrotronstråleanlegget i Grenoble om 2-3 år.

In Memoriam

Minneord om Kåre Johannes Lunde



Lektor Kåre Lunde er død, vel 70 år gammel.

Etter noen år i skoler i Sverige kom han til Sinsen Gymnas, der var han i mer enn 25 år, som fysikklærer og styrer for apparatsamlingen.

Kåre Lunde var en fremrakende lærer og nådde langt med elevene sine. Han var rolig og kameratslig og myndig på samme tid. Han var pedagogen i treenigheten Øgrim-Ormestad-Lunde, som skapte fysikkverket ROM STOFF TID. Dette fysikkverket høstet stor anerkjennelse fra de fleste fysikklærere i den videregående skolen. Gruppa arbeidet med verket i flere år, man filte på nesten hvert ord for å få teksten så konsis som mulig. Verket fikk da også språkfolkets ros og Cappelens litteraturpris, og ble til glede for mange elever og lærere.

Da skolelaboratoriet på Fysisk institutt på Blindern ble opprettet først på 70 tallet, ble Kåre Lunde det viktige og riktige leddet mellom skolen og Universitetet. Han hadde en fabelaktig evne til å få kranglevorne apparater til å virke. Forsøkene hans gikk rask og elegant uten hastige bevegelser, alle skulle henge med. Det var en nytelse å se ham utføre et eksperiment. Glansnummeret var eksperimentet alle fysikklærere så som sitt svennestykke: "omvending av Na linja". Svært mange i skolen vil huske disse forestillingene med glede.

På skolelaboratoriet var han med på å prøve gjennom det meste av fysikkutstyret som ble tilbudt skolene. Sammen med medarbeiderne på skolelaboratoriet oppsøkte han leverandørene av skolemateriell og gikk gjennom alt utstyr. Var et apparat helt ubrukelig, uttrykte han seg svært snildt - "de syns visst ikke at dette apparatet er helt godt".

Han sto for innredning av naturfagsrom og for utarbeiding av utstyrslister. Disse listene har dannet grunnlaget for de aller fleste naturfagssamlinger over hele landet.

Det var alltid en fornøyelse å arbeide sammen med ham, selv når vi var skikkelig uenige om et eller annet, og det hendte jo. Vi har mistet en god venn og medarbeider. Han var et fint medmenneske.

Arbeidskolleger ved
Fysisk institutt

∞

Fra Redaktørene

Nå har det skjedd igjen. NRK har sendt et "miljøprogram" med velkjent vinkling; krisemaksimering. Vi sikter til programmet "Barn etter Tsjernobylulykken" som ble vist på norsk TV 23. mai. Det har ikke manglet på advarsler fra fagmiljøene både før og etter de mange fremvisningene verden over. Programmet er et uetterrettelig kommersielt produkt fra Yorkshire Television, der salgsprofilen er dagens trend; presenter "worst case", og distribusjonen går av seg selv.

I dette tilfelle er det ikke en gang snakk om å velge blant prognoser, der fremtiden vil gi det endelige svaret. Nei, her er det snakk om å fordreie faktiske forhold. Og oppfølgingen av programmet i NRK med en kjapp diskusjon i "kanal ti" viste oss klart hva som er "husmeningen" på Marienlyst: "plag oss ikke med fakta, vi forbeholder oss retten til å tolke det vi ser".

FFV vil komme tilbake med stoff om Tsjernobyl i nær fremtid. Her vil vi nøye oss med å peke på det faktum at de skader vi fikk presentert i programmet ikke er stråleskader, det vet enhver som har et minimum av faglig innsikt. For eksempel vil stråleskader som fører til håravfall umiddelbart være nær 100% dødelig. Men vinklingen er snedig; mange vil nemlig her koble dette til sitt kjennskap til kreftpasienter med håravfall. At dette skyldes cellegift gitt i behandlingen er det tydeligvis ikke verdt å nevne. Håravfallet vi så på barna i programmet skyldes helt andre ting, det skyldtes hverken kreft eller stråling. Men plag oss for all del ikke med fakta... Vi er enige i at offisielle tall om konsekvenser fra myndighetene i Sovjetunionen skal tas med en klype salt, men det er grenser for hvor mye salt en kan ta inn før saltet i seg selv blir et helseproblem!

Nå skal det sies at NRK ikke er alene om å kaste seg over floraen av Tsjernobylstoff av denne kategori. Avisene har også boltret seg med redselsreportasjer. En interessant observasjon er forøvrig pararellen med den store kjernekraftdebatten som pågikk i begynnelsen av 70-tallet, spesielt i USA. Redselshistorier om sykdommer, dødelighet, ja til og med vanskapte dyr, florerte også den gangen, og var godt mediastoff.

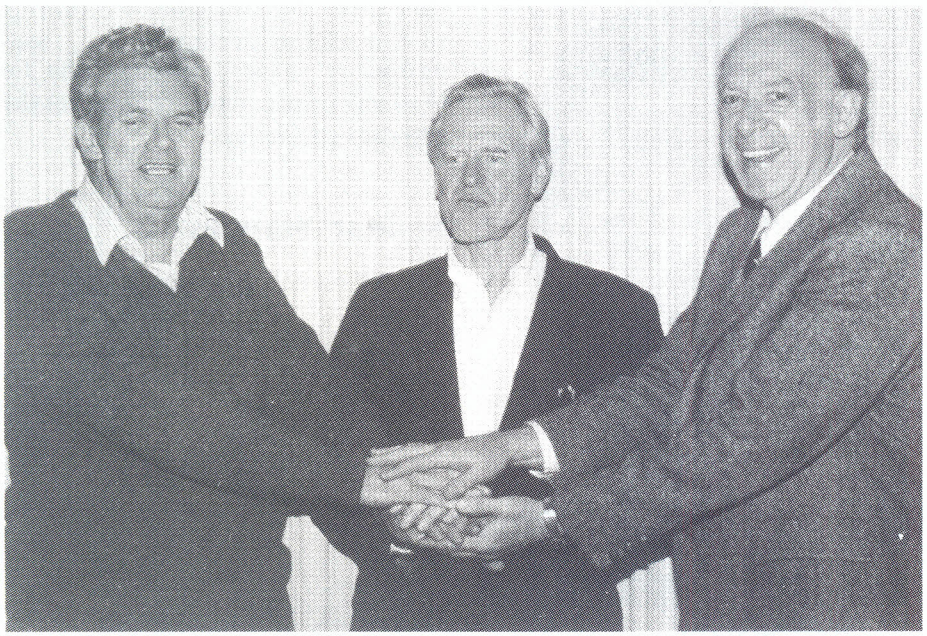
Vi registrerer også, med en ikke ubetydelig skuffelse, at Norges Naturvernforbund har kastet seg på denne karusellen. Forbundet har gått sterkt ut, og vil nå nedlegge IAEA, og stempler den nylig utkomne rapport om Tsjernobyl, uten å lese den (!), som et bestillingsverk. For mange av oss, som også personlig kjenner noen av de internasjonale eksperter som er innhentet til å lage denne rapporten, er dette angrepet mot deres integritet så urimelig at vi avstår fra kommentarer for ikke å være for uakademiske.

∞

Studer FYSIKK

Nobelprisen i fysikk 1990

Nobelprisen i fysikk for 1990 ble tildelt Jerome I. Friedman (60, MIT), Henry W. Kendall (63, MIT) og Richard E. Taylor (60, Stanford) for oppdagelsen av kvarkene.



Fra venstre: Richard E. Taylor, Henry W. Kendall og Jerome I. Friedman. (Fra Physics Today)

Det moderne bildet av atomkjernens bestanddeler, protoner og nøytroner (nukleoner) som igjen bestående av mer fundamentale enheter, de såkalte kvarkene, er et bilde som gradvis har vokst fram over de siste 20–30 år. Den viktigste grunnen til at det har tatt så vidt lang tid å komme fram til konklusjonen at protoner og annen kjernematerie består av kvarker, er at påvisningen av kvarkenes eksistens i mye høyere grad er en indirekte oppdagelse, enn hva vi er vant til ved fundamentale oppdagelser.

Nøkkel-eksperimentene i den logiske kjeden som leder til konklusjonen at kjernematerien består av kvarker, er en serie eksperimenter som Friedman, Kendall, Taylor og medarbeidere utførte ved Stanford fra 1967 til 1973.

Grunnlaget for den moderne forståelsen av materien ble lagt tidlig på 60-tallet, i formulering av kvarkmodellen som en teoretisk systematisering av hadronspektret. I sin enkleste form sier kvarkmodellen at de mangfoldige forskjellige hadroner kan beskrives som sammensatte objekter, bestående av enten tre kvarker (baryoner) eller av en kvark og en antikvark (mesoner). Men siden ingen eksperiment kunne påvise eksistensen av frie kvarker, mente mange at kvarkmodellen bare var et matematisk bilde som ikke hadde noen basis i fysisk realitet. Selv Murray Gell-Mann, som i 1969 fikk Nobelprisen for kvarkmodellen, helte til denne oppfatningen så sent som i 1972.

Eksperimentene til Friedman, Kendall og Taylor har mye til felles med Rutherfords berømte eksperiment i 1910. Rutherford sendte energetiske alfa-partikler mot et gullfolie og observerte hvordan de ble avbøyd. Ikke alle alfa-partiklene ble spredt framover, noen ble spredt ut til store avbøyningsvinkler og endatil bakover. Herav måtte man konkludere at gullfoliet ikke besto av en homogen "pudding", men at mesteparten av massen var konsentrert i små volumer, atomkjernene.

Friedman, Kendall og Taylor spredte på lignende vis, bortimot 60 år senere, elektroner mot protoner og nøytroner. Elektronene var akselerert i den 3 km lange Stanford Linear Accelerator (SLAC) til en energi på ca. 20 GeV, og ble så sendt mot prøver av flytende hydrogen (protoner) og døyterium (protoner og nøytroner). For veldig uelastiske kollisjoner, der protonet eller nukleonet ble fullstendig "smadret", og elektronene derfor avga mye energi, rekylerte elektronene ut til store vinkler på en måte som var essensielt energiuavhengig. Teoretikerne James Bjorken og Richard Feynman innså at denne skalauavhengigheten skyldtes spredning mot punktformede, elektrisk ladde objekter inne i nukleonet. Det var klart at nukleonet ikke var en homogen "snøball" slik som enkelte proton-proton-spredningseksperimenter hadde antydet, men at det derimot besto av små harde bestanddeler, først referert til som partoner.

Var partonene (eller i det minste noen av dem) identiske med Gell-Mann's kvarker?

Det tok noen år før denne konklusjonen var uunngåelig. Hovedproblemet var at frie, isolerte kvarker ikke ble observert. Dette var tilsynelatende i konflikt med observasjonen til Friedman, Kendall og Taylor: Hvis elektronet støter veldig hardt mot en kvark, rekylerer kvarken inne i nukleonet som om den er nesten fri. I 1972–1973 kom der et teoretisk gjennombrudd, man oppdaget at der eksisterer teorier med "asymptotisk frihet". Kvantekromodynamikk (QCD) er en slik teori. Den er kompatibel med observasjonene fra elektron-spredning uten at man tvinges til å forvente at frie kvarker eksisterer: Jo lenger en enkelt kvark trekkes fra de andre kvarkene i nukleonet, jo sterkere blir kreftene som forsøker å holde den på plass. Hvis kraften blir sterk nok kan den nøytraliseres ved at der dannes et kvark-antikvark-par. Disse kombineres så med de opprinnelige kvarkene slik at der dannes et meson. Resultatet er at i stedet for å slå løs en kvark, blir der produsert mesoner.

Andre eksperimenter har også bidratt i stor grad til vår forståelse av kvarkene. For det første ga uelastisk spredning av nøytrinoer mot nukleoner resultater som var helt analoge til resultatene fra elektron-spredningseksperimentene. For det andre ble bildet mye klarere ved oppdagelsen av *charm* og *bottom* kvarkene i 1974 og 1977 og mesontilstander hvor disse inngår.

Kvarkene har elektrisk ladning +2/3 og -1/3, målt i enheter av protonets ladning. De antas å eksistere i seks versjoner: *up*, *down*, *charm*, *strange*, *top* og *bottom*, hvorav alle unntatt top-kvarken er funnet.

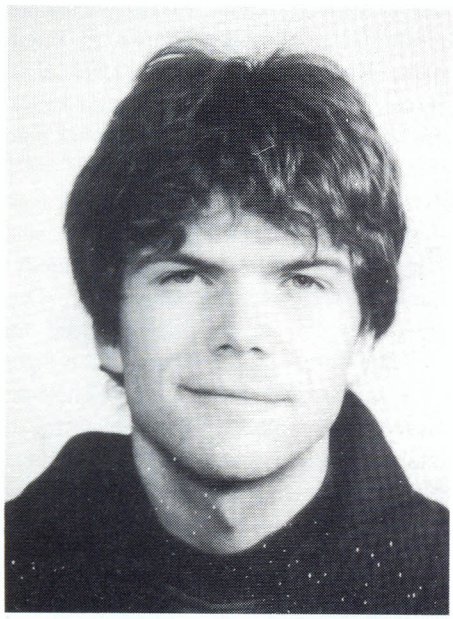
Per Osland

∞

Nye doktorander

FFVs redaksjon vil igjen minne institutter og veiledere om denne spalten. Vi er imidlertid avhengige av å få omtaler med bilder, som vist nedenfor. Vi er ikke alene om å synes at det er hyggelig på denne måten å kunne presentere det stadig økende antall dyktige unge doktorander i fysikk!

Gaute Einevoll



Gaute Tomas Einevoll (28) forsvarte 8. mars 1991 avhandlingen *Electronic properties of semiconductor heterostructures* for dr.ing. graden.

Arbeidet er utført ved Gruppe for teoretisk fysikk, Institutt for fysikk, NTH (hovedfaglærer P.C. Hemmer) og ved University of Illinois.

Moderne teknologi for fremstilling av kunstige materialer har gjort det mulig å skreddersy kunstige krystaller til å gi de ønskede fysiske egenskaper. I avanserte krystallgroingslaboratorier (som MBE-laboratoriene i Trondheim og på Kjeller) kan framstillingen kontrolleres ned til atomært nivå. Slike halvleder heterostrukturer har et enormt potensiale for anvendelser i elektronikk og optikk.

Einevoll har bidratt til utviklingen av effektive metoder for å beregne heterostrukturers fysiske egenskaper. På den prinsipielle siden har han studert hvorledes effektiv-masse teori må modifiseres for å brukes i heterostrukturer, som supergittere og kvantebrønner. Og han har foretatt omfattende beregninger v.h.a. en ny effektiv-binding-orbital metode på akseptortilstander i mikrostrukturer, eksitoner bundet til urenheter i bulk og i kvantebrønner, og flere andre problemer av aktuell intersse. De teoretiske resultatene stemmer godt med eksperimentelle data.

Geir Helgesen

Geir Helgesen forsvarte den 4. februar 1991 sin avhandling *Cooperative processes for magnetic holes and microspheres* for dr.scient. graden.

Arbeidet er utført ved Universitetet i Oslo og ved Institutt for Energiteknikk på Kjeller. Helgesen har benyttet monodisperse, mikrometer-store polystyrenkuler til å studere magnetiske aggregeringsprosesser og orden-uorden faseoverganger i magnetiske systemer. Prosessene som foregår i disse mikrokule systemene har blitt observert i mikroskop og gjennom digital bildebehandling har det vært mulig å analysere de magnetiske strukturene som dannes. Både permanent magnetiske mikrokuler dispergert i vann og ikke-magnetiske kuler dispergert i en magnetisk væske har vært studert.

I et ytre magnetfelt vil ikke-magnetiske plastkuler som befinner seg i en magnetisk væske, vekselvirke med hverandre som om de var magnetiske. Denne effekten kan kalles en magnetisk hull effekt. Helgesen har blant annet studert hvordan disse "magnetiske hullene" (plastkulene) oppfører seg i et roterende magnetisk felt og sammenlignet de eksperimentelle observasjonene med numeriske simuleringer av et system med magnetiske dipoler. Spesielt har overgangen fra orden til kaos i disse systemene vært studert. I tynne sjikt av magnetisk væske kan mikrokulene danne todimensjonale krystaller. Hvis rotasjonsfrekvensen til det ytre magnetfeltet økes, vil det krystallinske mønsteret brytes opp i en faseovergang som ligner smelteprosessen for et fast stoff. Disse systemene med mikrometer-store plastkuler har derfor vært benyttet til å modellere smelteprosessen i todimensjonale atomære systemer som for eksempel i tynne filmer og for molekyler adsorbert på overflater.

Steinar Stapnes

Cand. Scient Steinar Stapnes forsvarte den 18. februar 1991 sin avhandling *"An Experimental Study of collisions with the UA2 detector at a centre-of-mass energy of sqrts=630 GeV at the CERN $p\bar{p}$ collider."* for Dr. Scient. graden. Arbeidet er utført i gruppen for elementærpartikkelfysikk ved Fysisk Institutt i Oslo innen UA2-samarbeidet på CERN.

UA2 er et av de to ledende proton-antiproton kollisjonseksperimentene på CERN, 10 europeiske institusjoner med ca. 120 fysikere deltar.

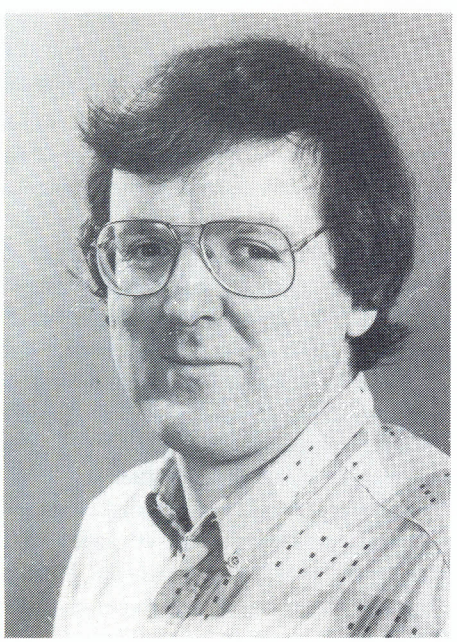
Etter fire års operasjon ble UA2-detektoren kraftig forbedret i 1986 og -87, og Stapnes har deltatt i dette arbeidet. Mesteparten av dataene som ligger til grunn for arbeidet ble samlet inn høsten 1988/ våren 1989.

Hovedmålet med UA2 har vært

å teste de teoretiske modeller som beskriver elektrosvak vekselvirkning ved presise målinger av henfalls-produkter av W og Z bosonene. Stapnes har konsentrert sitt arbeide om henfall av Z til et elektron-positron-par, og beskriver denne analysen grundig. Resultatene er i overensstemmelse med Standardmodellen for elektrosvake vekselvirkninger dersom en antar at topp-kvarken har en masse større enn 80 GeV. I dag er resultatene fra UA2, sammen med resultater fra Fermilab (Chicago) og LEP (CERN), de mest presise målingene en har for å bestemme de manglende parametre i Standardmodellen for vekselvirkning mellom elementærpartikler.

For tiden er Stapnes NAVF stipendiat tilknyttet DELPHI samarbeidet, og deltar samtidig også i et prototyp prosjekt for den foreslåtte nye akselerator, LHC, ved CERN.

Bjørn Lybekk



Bjørn Lybekk forsvarte den 2. februar 1990 sin avhandling *"Image Analysis of Dayside Aurora"* for Dr. scient graden.

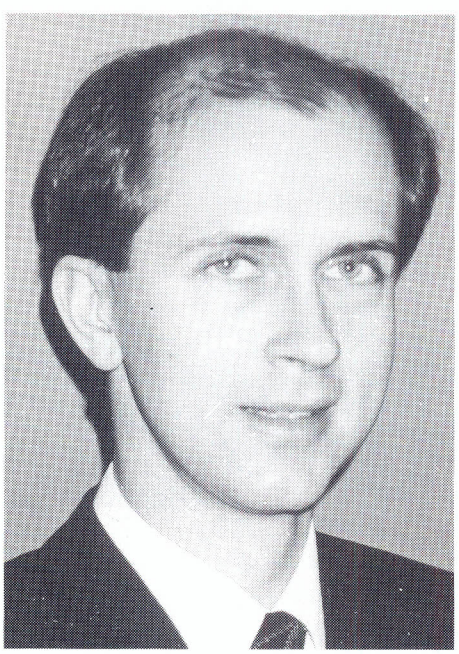
Arbeidet inngår som en del av Fysisk Institutts prosjekt for å måle dagnordlys fra Svalbard-regionen. Lybekk har vært med og utført observasjoner på Svalbard, (Ny Ålesund og Longyearbyen), gjennom hele 80 tallet.

Arbeidet består av to deler. Den første delen er konstruksjon av et system for digital behandling av video- og filmkamerabilder av nordlys. Her ble en PC med video digitaliseringsutstyr valgt. En programpakke ble konstruert for å behandle nordlysbilder.

Den andre delen var en mer vitenskapelig analyse av målingene. Dagnordlyset slik man observerer det optisk fra Svalbard er karakterisert ved en stabil nordlysbue i øst/vest retningen. Spektroskopisk inneholder denne mest av 630 nm emisjonen. Man konsentrerte seg om å undersøke strukturer som beveget seg nordover fra denne stabile buen. Flux transfer events (FTE) ved magnetopausen ble ansett som en sannsynlig årsak. Samtidige målinger fra EISCAT-radaren og satellitter ble også brukt.

Det siste året har Bjørn Lybekk vært finansiert av NAVF for å arbeide med ESAs Cluster-prosjektet. Arbeidet går ut på å programmere test sekvenser for Cluster EFW (Electric Field and Wave Experiment) instrumentet.

Bjørn Jacobsen



Cand. scient. Bjørn Jacobsen forsvarte 12. april 1991 sin avhandling *Dayside auroral structure and dynamics: Ground-based and low-altitude satellite observations* for dr.scient.-graden.

Arbeidet er utført ved Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, og for å observere dagnordlys har Jacobsen gjennomført en rekke ekspedisjoner midtvinters til Ny Ålesund på Svalbard.

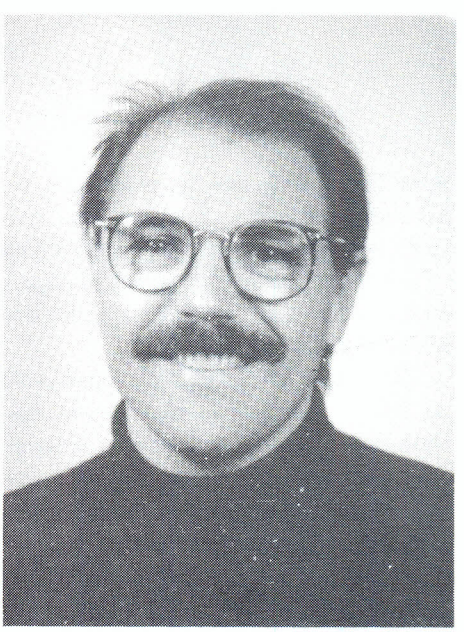
Dagnordlyset er et atmosfærisk fenomen som opptrer på meget høye breddegrader (i forhold til den magnetiske nordpol) og er vanligvis ikke så lyssterkt og dynamisk som de nordlysutbrudd man kan se nattestid over Nordskandinavia. Imidlertid gjenspeiler det mer direkte de elektromagnetiske forhold utenfor rundt jordens magnetosfære, og forstyrrelser i solvinden kan gi opphav til intense utbrudd i dagnordlyset.

Beliggenheten i forhold til den magnetiske nordpol og den lange polarnatten når solen står mer enn ti grader under horisonten gjør Svalbard til et unikt observasjonssted for dagnordlys. Målinger fra fem vinterperioder, utført med følsomme TV-kameraer og fotometre, er sammenholdt med registreringer fra amerikanske satellitter i polar bane 800 km over Svalbard, som måler partikkelnedbør, elektriske strømmer og vinder i den øvre atmosfære forbundet med dagnordlysstrukturer.

Disse kombinerte målingene har bidratt til å kartlegge kildeområdene til de ladede partiklene som produserer dagnordlyset og har vist at flere kategorier kortvarige, intense nordlysformer med karakteristiske bevegelser er direkte forbundet med endringer i solvindens tetthet, hastighet eller magnetfelt. Dette er av stor betydning for å forstå hvordan energi tappes fra solvinden og avsettes i den øvre atmosfæren i polarområdene.

Bjørn Jacobsen er for tiden stipendiat ved Fysisk Institutt.

Jann–Rune Ursin



Jann–Rune Ursin forsvarte i mai 1989 sin avhandling *Gammatomografi med anvendelse innenfor væskefløming i porøse media* for dr.scient.-graden.

Ursins avhandling beskriver utvikling av en gammatomograf spesielt tilpasset studier av fortrengningsprosesser i porøse media. En tomografisk avbildningsteknikk basert på gamma–attenuasjon gir nye muligheter for ikke–destruktiv inspeksjon av relativt massive objekter. Teknikken er benyttet i eksperimentelle flømningsforsøk i forbindelse med studier av ustabil fortrengning i porøse media.

Jann–Rune Ursin tok cand.real.-eksamen i 1980 med hovedfag i eksperimentell partikkelfysikk. Han var vit.ass. ved UiB en periode før han i 3 år var Fellow ved CERN. Siden 1985 har han vært knyttet til Høgskolesenteret i Rogaland.

Arne Graue

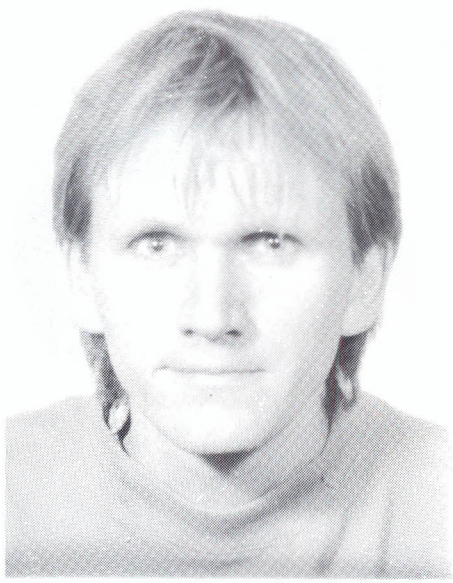
Arne Graue forsvarte 22. mars 1991 sin avhandling *Studies of fundamental parameters affecting secondary and tertiary oil recovery, using a nuclear imaging technique on long–core flow–rigs* for den filosofiske doktorgrad.

Graues doktorarbeid er utført som en del av den tverrfaglige petroleumsforskningen ved Universitetet i Bergen, som er støttet av Norsk Hydro, Statoil, Phillips Petroleum Company Norway, NAVF og Universitetet.

Temaet for avhandlingen er ny kunnskap og teknologi for å øke oljeutvinningen. Graue har studert grunnleggende parametre som har betydning for oljeproduksjon fra reservoarbergarter. To strømningsrigger utviklet og bygget ved Fysisk institutt, UiB, er brukt til å simulere oljeproduksjon og –fortrengning i porøse bergarter. Tilleggsinformasjon om lokal metningsutvikling inne i bergarten kan være av avgjørende betydning for hvordan oljeproduksjonen kan økes. Graue har undersøkt flere metoder, deriblant injeksjon av såpe (surfaktanter), bakterier og sjøvann.

Arne Graue, som er cand.real. fra UiB i 1981, har hatt stilling som vit.ass. innen atom- og kjernefysikk og som NAVF-stipendiat og -forsker med arbeidsfelt reservoarfysikk. Han har hatt flere opphold som gjesteforsker i USA, og er nå engasjert som førsteamanuensis ved Fysisk institutt, UiB.

Jan Petter Hansen

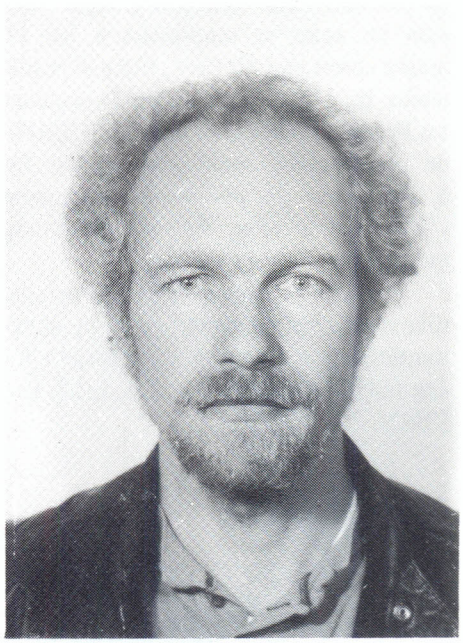


Jan Petter Hansen forsvarte 16. mars 1990 sin avhandling *Studies of Collision Dynamics in Electron Capture Processes* for dr.scient.-graden.

Gruppen for teoretisk atomfysikk ved UiB har studier innen atomær kollisjonsfysikk som sitt hovedprosjekt og samarbeider med grupper i Danmark, Frankrike, Spania og Tyskland. Hansen har bidratt til disse teoretiske studiene gjennom flere delundersøkelser og spesielt utviklet en del nye matematiske og datatekniske metoder i den kvantemekaniske beskrivelsen av ladningsoverføring i atomære kollisjoner. Metodene har åpnet muligheter for kartlegging av elektronenes oppførsel på en ny og mer detaljert måte.

Jan Petter Hansen ble cand. scient. i 1985. Han har tidligere arbeidet ved Institutt for Energiteknikk, Kjeller, og ved Universitetet i Århus, og er nå NAVF-stipendiat med arbeidssted Fysisk institutt, UiB.

Rolf Kahrs Hansen



Rolf Kahrs Hansen forsvarte 19. oktober 1990 sin avhandling *ROVI – akustisk sensor for undervannsrobot* for dr.scient.-graden.

Doktorarbeidet har tatt sikte på å etablere en akustisk avbildende sensor, et akustisk kamera, til bruk på fjernstyrte undervannsfarkoster. Med dette for øye er metoden "Spektral dekomponering av aperturefeltet" utviklet og testet ved hjelp av simuleringer og praktiske forsøk. Det er også utviklet og konstruert en laboratorieprototype av et akustisk kamera. Metoden medfører at det vil være praktisk mulig å realisere akustiske kamera som er kommersielt tilgjengelige og i stand til å generere 3D bilder av omgivelsene i sann tid. Siden én og samme akustiske puls danner grunnlaget for et komplett sett billedinformasjon, vil systemet være praktisk talt upåvirket av bevegelse i sensoren.

Rolf Kahrs Hansen har eksamen fra NTH, Linjen for Teknisk Fysikk, 1974. Han har tidligere vært ansatt ved IPC, Akergruppen, Det norske Veritas og NUTEC, og arbeider nå i Bergensfirmaet OmniTech as.

Per Steinar Iversen

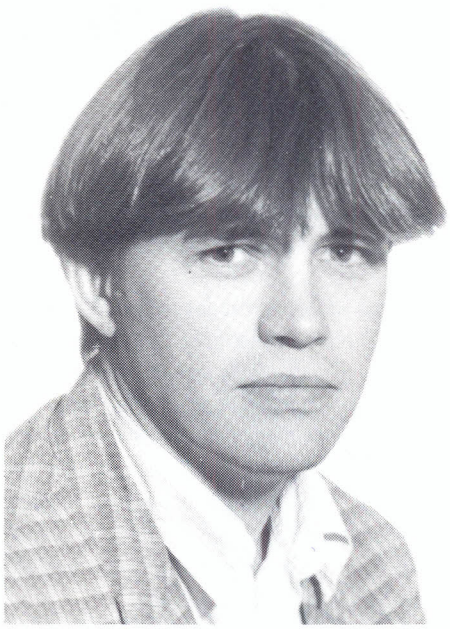
Per Steinar Iversen forsvarte 5. april 1991 sin avhandling *A Monte Carlo simulation of the High density Projection Chamber* for dr.scient.-graden.

I eksperimentell partikkelfysikk er det viktig å måle så komplett som mulig det som skjer når partikler kolliderer med høy energi. Fordi partiklene som produseres i kollisjonene kan ha tildels svært forskjellige egenskaper, må moderne detektorer settes sammen av mange komponenter, hver optimalisert for å registrere én egenskap ved én eller flere typer partikler.

I elektron-positron-kollisjoner ved LEP-akseleratoren er det spesielt viktig å måle energien til elektroner, positroner og energirike fotoner. Dette gjøres med elektromagnetiske kalorimetere. Ett av disse er HPC (for High density Projection Chamber) som nå inngår i DELPHI-detektoren. Iversen har i sin doktoravhandling sammenfattet det arbeidet som han for noen år siden utførte for HPC, med detaljert simulering av kalorimeteret, slik at man under utviklingsarbeidet kunne forstå hvilke svakheter som var en følge av konstruksjonsmetoden, og hvilke forbedringer som kunne oppnås.

Per Steinar Iversen, som ble cand. real. ved UiB i 1983, har vært Fellow ved CERN, og er nå ansatt i vikariat som førsteamanuensis ved Fysisk institutt, UiB.

Geir Anton Johansen



Geir Anton Johansen forsvarte 20. desember 1990 sin avhandling *Development and analysis of silicon based detectors for low energy nuclear radiation* for dr.scient.-graden.

Johansen har utført sitt forskningsarbeid innen gruppen for romfysikk ved Fysisk institutt, UiB. Hans avhandling beskriver utvikling og analyse av silisium-baserte detektorer spesielt for lavenergetisk radioaktiv stråling.

Arbeidet er gjort i nært samarbeid med Hortensbedriften **AME**, og resultatet er blitt detektorer med lav støy og høy følsomhet. Disse detektorene kan brukes alene eller som basis i mer avanserte detektorkonsepter, for eksempel posisjonsfølsomme detektorer som muliggjør "fotografering" med radioaktiv stråling, eller som erstatning for dynodene og anoden i PM–rør. De nye silisium-baserte detektorene er spesielt kompakte og robuste sammenlignet med tidligere detektorer, samtidig som de er ekstra følsomme. Disse egenskapene er av stor interesse også innenfor andre disipliner, for eksempel medisin og industriell tomografi.

Johansen ble cand.scient. i 1985, og han har vært ansatt som NTNF-stipendiat ved UiB.

Jan-Erik Nordtvedt

Jan-Erik Nordtvedt forsvarte 14. mars 1989 sin avhandling *Using the Inverse Problem Formulation to Calculate Characteristic Properties of the Porous Medium* for dr.scient.-graden.

Nordtvedt har i avhandlingen studert hvordan en kan forbedre bestemmelsen av de karakteristiske størrelsene for en strømningsprosess i et porøst medium. Han har spesielt arbeidet med modellering av sentrifuge– eksperimenter, og med å benytte invers problem formulering til samtidig bestemmelse av kapillærtrykk og relative permeabiliteter til et porøst medium fra sentrifugedata.

En del av doktorarbeidet utførte Nordtvedt mens han var avdelingsingeniør ved Statoils produksjonslaboratorier (PROLAB) i Stavanger. Han har tidligere hatt stilling som vit.ass. og stipendiat, og er nå førsteamanuensis ved Fysisk institutt, UiB.

Husk Fysikermøtet!

Fysikkeksamen og eksamensfysikk

Carl Angell og Svein Lie *

Denne artikkelen tar for seg eksamen i 3Fy i den videregående skolen våren 1989. Med utgangspunkt i sensuren og sensorenes rapporter og retteskjemaer, har vi undersøkt noen aspekter ved eksamen.

Hva vet vi om eksamen i den videregående skolen? Bortsett fra at det er et svært omfattende arrangement, og at den brukes til å sette karakter på elevenes prestasjoner, vet vi lite. Det finnes lite statistikk, og det er i oppsiktsvekkende liten grad gjort undersøkelser om hvordan eksamen fungerer. Det gjelder både eksamensformen, og det gjelder hvordan ulike oppgaver fungerer i forhold til fagplanene. Vi mener at eksamen slik den er idag, i meget stor grad styrer undervisningen. Derfor burde det være en viktig oppgave å studere forskjellige aspekter ved eksamen.

Sensorrealibilitet

Vi har undersøkt hvor pålitelig sensuren er.

For det første har vi beregnet korrelasjonskoeffisienten mellom karakterforslagene til de to sensorene som har rettet de samme oppgavene. (Pearsons produkt-moment korrelasjonskoeffisient). Den er meget høy, r = 0,95. Dessuten har vi sett på hvor stor forskjellen i karakterforslagene var.

For 62% av besvarelsene, er karakterforslagene like eller adskiller seg bare med et pluss eller minus. Videre er det 89% av besvarelsene der karakteren adkiller seg med mindre enn en hel karakter. Vi må huske på at f.eks. karakteren 3 dekker intervallet fra 3/2 til 3/4.

Fordelingen av sensorenes karakterforslag viser også at 65.5% av besvarelsene har fått en heltallig karakter. Det betyr at i en del tilfeller vil det i realiteten være mindre forskjell enn det forslag til karakter skulle indikere. Dette tyder på at det er meget god overenstemmelse mellom sensorene i vurderingen av karakterer. Vi skal også huske på at en sensor i en sensorgruppe f.eks. kan ligge systematisk en halv karakter over de andre. Dette blir i så fall justert ved fellessensuren. Overenstemmelsen mellom sensorene når det gjelder endelig karakter er med andre ord enda bedre enn det som kommer til uttrykk her.

Det er anledning til å klage på sensuren. Vi har registrert at det er forholdsvis få som klager, og at det er få klager som fører til endringer. (Av 4668 besvarelser kom det 140 klager og 21 karakterer ble endret).

Vår konklusjon på dette er at sensuren og prosedyrene i forbindelse med sensuren fungerer bra, - og etter sine forutsetninger. Sensuren er både pålitelig og rettferdig.

Fagplanen og eksamen i relasjon til målene

Målet for fysikkfaget er omfattende. Oppgavene til eksamen bør i størst mulig utstrekning gjenspeile fagplanen, og det bør være spørsmål av ulike kategorier. Det bør bl.a. være innslag av regneoppgaver, kvalitative problemstillinger og oppgaver knyttet til eksperimenter.

Videre er det et spørsmål om det er andre temaer som er nevnt i fagplanens målformulering som bør prøves til eksamen. Årets sensorer ble spurt om[1] de ulike temaene nevnt i MÅL for faget ble prøvd, og om de mente de burde prøves til skriftlig eksamen. Nesten alle sensorene var enige i at temaer som

- begreper og tenkemåte
- fysikkens metoder og teknikker
- tolkning og fremstilling av data

er hovedpoenger ved eksamen i fysikk, at de prøves og at de fortsatt bør prøves til eksamen.

Når det gjelder det første temaet som er nevnt i fagplanen, - kulturarv, historisk utvikling og filosofisk tenkning, var meningene mer delte. 40 sensorer mente at temaet ikke burde prøves ved skriftlig eksamen, mens 15 sensorer mente at det burde kunne være gjenstand for prøving. Dette er en interessant problemstilling. For det første er dette temaet nevnt først (uten at målene nødvendigvis er nevnt i prioritert rekkefølge), men det har i svært liten grad vært gjenstand for prøving ved skriftlig eksamen. Fordi eksamen i så stor grad styrer undervisningen, betyr dette at den historisk/filosofiske dimensjonen i fysikken får en svært liten plass og/eller betydning. Spørsmålet blir da om det er det vi ønsker, eller mener vi at dette også er en viktig del av fysikkfaget? Det kan være verdt å nevne at i Danmark, som nylig har gjennomført en fagplanrevisjon, har nettopp den historisk-filosofiske dimensjonen fått en mer fremtredende rolle [2].Etter vår mening er dette en spennende og interessant del av fysikken. Hvis denne delen skal bli tatt alvorlig, må det på en eller annen måte med som eksamensstoff. Det er åpenbart vanskelig å finne gode oppgaver til skriftlig eksamen, men det er vel ikke umulig.

Det er en nokså banal påstand at fysikkeksamen på best mulig måte bør måle elevenes kunnskaper i fysikk. En nærmere analyse vil jo fort klargjøre at et slikt utsagn nesten er tomt inntil vi har sagt noe om hvilke kunnskaper som skal testes, og i forhold til hvilke mål.

Det er da nærliggende å spørre om hvor mye de ulike målene er vektlagt ved eksamen. Stikkordsmessig vil vi referere til de ulike målene gitt i fagplanen for fysikk linjefag, på denne måten:

M1. Kulturfaktor, samfunnsbetydning.

M2. Begreper, lover, teorier.

M3. Metoder, apparatur.

M4. Behandle data.

M5. Faglig grunnlag for videre arbeid.

Vi har sett litt nærmere på de fem målene i relasjon til eksamenssettet i fysikk våren 1989, og vi konstanterer at så godt som hele eksamen tester det ene målet M2. I lys av fagplanens klare understrekning av at alle målene bør evalueres, er dette oppsiktsvekkende. Det er jo lett å overbevise seg om at situasjonen er omtrent den samme hvert år.

Vi mener ikke at eksamen fungerer fundamentalt feil. Snarere vil vi hevde at det er vanskelig å tolke målene bokstavelig, og det kan vel heller ikke være meningen. Men målene, slik de står, hjelper oss til å fokusere klarere på noen dimensjoner som er viktig å ta hensyn til ved eksamen, f.eks. eksperimenter og tolkning/framstilling av data. Dette har i de seinere år hatt en liten, men fast plass. Vi vil anbefale en noe større vektlegging av disse aspektene.

Videre er det et stort spørsmål om ikke noen vitenskapsteoretiske emner fortjener en liten plass, f.eks. knyttet til forståelse av begreper, lover, teorier og fysiske størrelser, eller i forbindelse med fagets historiske utvikling.

Her har det skjedd noe, for til eksamen i fysikk våren 1990 ble følgende oppgave gitt:
"Flere av de viktige konstantene i fysikken har navn etter, eller er knyttet til kjente fysikere. Gi to eksempler på slike konstanter og gjør greie for hva disse konstantene uttrykker. Beskriv med noen få setninger hva disse fysikerne er kjent for, og si omtrent når de levde."

Det viktigste spørsmålet gjelder samfunnsaspektet, som målet M1 delvis ivaretar. Det er en klar tendens internasjonalt til at samfunnsspørsmål i stadig større grad fokuseres i fysikkundervisningen. Fagplanen er på dette punktet lite forpliktende. Den justerte fagplanen av 1990 er generelt formulert mer forpliktende, men til gjengjeld er samfunnsperspektivet tonet noe ned, - i tråd med lærernes massive ønsker [3].

Eksamensresultater fordelt på fylker og skoler

Vi har sett på eksamensresultatene fordelt på fylker. Karakterene varierer svært mye, og variasjonen er større enn vi forventet. Vi har merket oss at Nord-Trøndelag, Møre og Romsdal og Akershus har best resultater. Det er grunn til bekymring over resultatene fra de nordligste fylkene. Svært lav gjennomsnittskarakter og strykprosent på over 30 er oppsiktsvekkende. Mye av forklaringen kan ligge i ulike inntakskrav. Det er likevel nærliggende å stille spørsmålet om det er dårlig lærerdekning i Nord-Norge som kan være noe av forklaringen.

Vi har også sett på gjennomsnittskarakteren fordelt på skoler. Her er variasjonen oppsiktsvekkende stor, og mye større enn vi forventet. Det er 28 skoler der gjennomsnittet er under 2,0! Vi har også sett på strykprosenten fordelt på skoler. Det er 11 skoler der strykprosenten er større enn 50. På den annen side er det 20 skoler som ikke har stryk i det hele tatt.

Oppgavene ved eksamen i 1989 kan ha slått spesielt uheldig ut ved enkelte skoler, men det kan ikke være hele forklaringen. Hvis vi sammenholder den store variasjonen mellom de enkelte skolene med de gjennomgående dårlige resultatene fra de nordligste fylkene, er det grunn til å anta at det kan ha noe med lærersituasjonen å gjøre. Kanskje er det en del skoler med dårlige resultater som ikke har tilstrekkelig med kvalifiserte lærere. Videre varierer det generelle læringsmiljøet mye fra skole til skole og fra klasse til klasse, og kan derfor ha stor betydning for resultatene. Vi har bl.a. merket oss at noen store skoler gjør det spesielt bra, og at forsøksskolene i Veierødmodellen gjør det bedre enn gjennomsnittet.

Fysikkforståelse

Det er gjort en rekke undersøkelser om elevers misforståelser eller alternative oppfatninger innenfor naturfagene. Se f.eks. SISS-undersøkelsen [4,5,6,7,8,9] eller det danske GF-prosjektet[10]. Felles for disse undersøkelsene er at oppgavene er gitt i forbindelse med en undersøkelse, og ikke som en ordinær oppgave eller prøver. Oppgavene har også tildels vært noe uvante i formen, f.eks. flervalgsoppgaver som norske elever stort sett har liten erfaring med.

Vi har i denne undersøkelsen ikke gått inn i enkelte elevbesvarelser, men vi kan likevel danne oss noen inntrykk av hva som er vanskelig på enkelte oppgaver. Våre analyser av noen enkelte spørsmål kan kanskje være interessante å sammenholde med egne erfaringer i egen klasse.

Oppgave 2b, tar f.eks. opp et erfaringsmessig vanskelig emne. Her dreier det seg om en kjelke med avtagende fart i en del av en vertikal sirkelbane. Oppgaven går ut på at en kvalitativt skal vurdere kreftene som virker. Tidligere undersøkelser viser at den kvalitative forståelsen av slike problemstillinger, er tildels svært dårlig. Vår undersøkelse viser det samme. Og nå dreier det seg om en eksamensprøve slik at usikkerheter i forbindelse med spesielle "testsituasjoner" ikke lenger er tilstede.

Vi har selv rettet tilsammen ca 400 besvarelser, og det er påfallende mange som mener det må være en netto kraft i bevegelsesretningen, selv om kjelken er i ferd med å bremse opp. Videre er det svært mange som mener at sentripetalkraften er en egen kraft som virker i tillegg til gravitasjonen og kraften fra bakken. Sammenblandinger og misforståelser med hensyn til begrepet sentrifugalkraft, er også utbredt.

Induksjon er utvilsomt et vanskelig tema, men det er gjort få undersøkelser om hvilke misforståelser eller alternative forestillinger fysikk-elever har om magnetisme og induksjon. Denne undersøkelsen gir oss heller ikke noen detaljkunnskaper om dette, men et par ting er likevel verdt å nevne. I spørsmål 5d blir en spurt om indusert strøm, og retningen på strømmen. 35% får null poeng og det viser seg at slike oppgaver har en høy terskel, og at de er vanskeligere enn vi tror, - til tross for at det er noe av det enkleste vi kan spørre om innenfor dette emnet.

Går vi videre og ser på oppgave 5e der en skal forklare at den totale magnetiske kraften som virker på en sirkelformet metalring i et varierende magnetfelt er null hele tiden, blir bildet mer dramatisk. Her er det ca 70% som får null poeng! Det er bare de aller flinkeste elevene som behersker dette stoffet.

Vi avslører her i likhet med mange undersøkelser tidligere, en mangelfull kvalitativ forståelse av kraftbegrepet. Det gjelder både innenfor vanlige mekanikkemner og ikke minst innenfor magnetiske krefter. Fordi kraftbegrepet er så sentralt i skolefysikken, vil vi påpeke at det er nyttig å trene elevene til å tegne og kunne identifisere krefter. Videre ser det ut til at vi som fysikklærere bør ta oss mer tid til å gi og diskutere kvalitative problemstillinger der tegning og identifisering av krefter er sentrale emner.

I serien "Skrifter for realfagsundervisning" utgitt av Skolelaboratoriet, avd. fysikk og Senter for lærerutdanning og skoletjeneste, UiO[11], har vi laget en rapport som utdyper problemstillingene som er berørt her. I tillegg tar den opp en del andre aspekter ved fysikkeksamen. Vi vil her bare fremheve at rapporten inneholder en drøfting og poengfordelinger av alle oppgavene som ble gitt til eksamen. På den måten kan rapporten brukes som en normert prøve, og i noen grad kan den brukes diagnostisk i undervisningen.

*Skolelaboratoriet, avd. fysikk og Senter for lærerutdanning og skoletjeneste UiO

Referanser

1. *Sammendrag av sensorrapportene og utfallet av eksamen våren 1989.* RVO 1990
2. H. Nielsen og P.V. Thomsen *Den historisk–filosofiske dimension i fysikundervisningen.* Konferanserapport, Nordisk forskersymposium, Sjursjøen, mars 1990
3. S. Lie og B. Sletbak *Fysikklærernes forhold til fagplanen, resultater fra en spørreundersøkelse.* RVO. 1986
4. S. Sjøberg *Elever og lærere sier sin mening.* SISS- rapport nr.1. Universitetsforlaget. 1986
5. V. Horsfjord *Elevene og naturfaget i grunnskolen.* SISS- rapport nr.3, Universitetsforlaget. 1988
6. V. Ringnes *Elevene og naturfagene i den videregående skolen.* SSIS-rapport nr.4, Universitetsforlaget. 1988
7. B. Anderson m.fl. *Ekna-prosjektet: Elevperspektiv.* Flere rapporter, Gøteborg universitet. 1979 –
8. S. Sjøberg og S. Lie *Fart og kraft.* Fysisk institutt, UiO 1981
9. M. Enge, P.R. Ekeland, S. Lie og S. Sjøberg *Gamle tanker i nye hoder.* Fysisk institutt, UiO 1984
10. Nielsen m.fl. *GF-prosjektet: Gymnasiefysikk.* Seks rapporter. Det Fysiske Inst. Aarhus Universitet. 1982–1985
11. C. Angell og Svein Lie *Fysikkeksamen og eksamensfysikk.* Skolelaboratoriet, avd fysikk og Senter for lærerutdanning og skoletjeneste, UiO. 1990

∞

Radon/inneklima på Helgeland

Eivind Fagerheim *

Denne artikkelen ble gitt som foredrag ved undervisningsseminaret på Ustaoset i august 1990. Måling av bakgrunnstråling er blitt et aktuelt tema, der skolene kan gi viktige bidrag. FFV håper at artikkelen kan inspirere flere til å ta opp dette temaet, slik det er blitt forslått av nestor i norsk strålingsfysikk, Anders Storruste

Det hevdes at lektorstanden er frustrert. Grunnene kan være:

- Elever som jobber på supermarked for å tjene penger istedenfor å gjøre leksene.
- Lønna som de fleste hevder er alt for lita.

Personlig har det vært noe annet som har frustrert mye mer: Det manglende synet både folk flest og myndighetene har på skolen som fagmiljø utover det rent pedagogiske. Et lite eksempel syns jeg illustrerer dette godt: Vi hadde hatt elevøvelse og bestemt blodtypen. En elev fikk en annen blodtype enn det sykehuset hadde funnet. Elevens konklusjon var soleklar: Blodtypebestemmelsen på skolen er feil.

Et annet eksempel: Ei tid før Tsjernobylulykken kontaktet jeg ei stor industribedrift, som ikke er fullt så stor i dag. Noen hadde fortalt meg at de hadde utstyr til måling av radioaktivitet, og jeg lurte på om vi kunne få demonstrert utstyret. En kort telefonsamtale var imidlertid nok til at jeg frafalt tanken. Personen som hadde ansvar for utstyret avslørte fort manglende, grunnleggende kunnskap i strålefysikk.

Ei tid etter smalt det i Tsjernobyl. Selv med det svært enkle utstyret vi hadde på skolen, klarte vi å påvise nedfall. Aktiviteten til materialet vårt avtok de følgende dager, så trolig var det Jod 131 vi hadde målt på. Så meldte spørsmålet seg om jeg burde gå til lokalavisen med dette. Hva med ei oppfordring til nygravide om å vaske trusa si en gang til? Jeg visste ikke om det var et godt råd - eller vil det være å spre unødig frykt. Usikkerheten gjorde at jeg tidde still.

Neste nummer av Rana Blad viste at jeg kunne spart meg bekymringen. Den før omtalte personen hadde gjort sine målinger og kunne berolige Ranas innbyggere: Nedfallet var så lite at det var å regne for en kuriositet[1]. I mitt stille sinn lurte jeg på hva han hadde sagt om måleområdet hadde vært et annet slik at instrumentet hans hadde gitt fullt utslag, eller om han hadde målt i bakkenivå nær oppsamlet regnvann.

Hva med skolene i denne sammenhengen? Faglig sett er skolene meget velutrustet, spesielt sammenlignet med mange av de som uttalte seg i de dager. Jeg vil anta at det fins hundrevis av lærere i den videregående skole med videregående kurs i kjernefysikk eller kjernekjemi, og ikke så rent få med hovedfag i ett av disse fagene. Likevel må vi bare slå fast at skolene hadde ingen funksjon i kartleggingen av nedfallet etter Tsjernobyl.

*Moheia videregående skole

Strålingen fra Tsjernobyl ble i løpet av de følgende år "avløst" av en annen strålekilde som skulle vise seg å være mange ganger farligere (men det er det få som har oppdaget): Radon. I gjennomsnitt får hver nordmann over 10 ganger større doseekvivalent fra radon hvert år enn det man fikk fra Tsjernobyl 1. året[2], og tall fra SIS - undersøkelsene forteller at mellom 5 og 10 prosent av befolkningen får mer e nn 20 ganger større doseekvivalent fra radon enn fra Tsjernobyl. For ca. 1 prosent av oss er situasjonen betydelig værre[3].

For å begrense Tsjernobyl-strålingen har staten hittil brukt ca. 350 millioner kroner[4]. Hvor mye er brukt for å fjerne radon?

Det er laget en del opplysningsmateriell. Ellers er det meg bekjent ikke bevilget ei krone. Mangelen på logikk er åpenbar. Det eneste lyspunkt er Anders Storrustes utrettelige kamp og arbeid. Gjennom faglig arbeid, artikler, intervju, brev, foredrag og til og med i brev til statsministeren har han i over 4 år pekt på ett hovedpoeng: Strålemålinger utover landet er det skolene som er best egnet til å gjøre, og han har begrunnet sine påstander godt.

Med disse frustrasjonene og inspirasjonene startet så vårt prosjekt forrige skoleårs høstferie. Da ble en fyldig søknad til fylkeskolesjefen utformet. Siden vår skole hadde behov for utstyret høyst et par måneder og fordi vi så muligheten til et fint samarbeid, kontaktet vi Mosjøen og Sandnessjøen videregående skoler og de sluttet seg umiddelbart til søknaden. Vi fikk det vi søkte om, 67 000 kroner, og kjøpte ionisasjonskammer, LASC, PC, skriver og klassesett av "Radioaktivitet - Stråling - Helse"[2].

Beløpet vi fikk kan synes høyt, men hvis vi sammenligner med den prisen man vanligvis setter på spart dose til befolkningen, er det lavt – faktisk svært lavt.

I vestlige industriland brukes ofte verdier mellom 100.000 og 200.000 kroner pr. spart manSv[5]. Med utgangspunkt i det laveste beløpet, kr. 100.000, måtte vi fjerne 0,67 manSv for beløpet vi fikk. Man anslår at 100 Bq/m^3 gir 4 mSv/år[2]. Antar man at 4 mennesker bor i et hus i 20 år, vil 100 Bq/m^3 gi en doseekvivalent på:

(4mSv/år)·4man·20 år = 0,32 manSv.

Dette innebærer at man finner ett hus med 1000 Bq/m^3 og motiverer beboerne til å få ned konsentrasjonen med (0,67/0,32)·100 Bq/m^3, dvs. til ca. 800 Bq/m^3, så er investeringen vel anvendt.

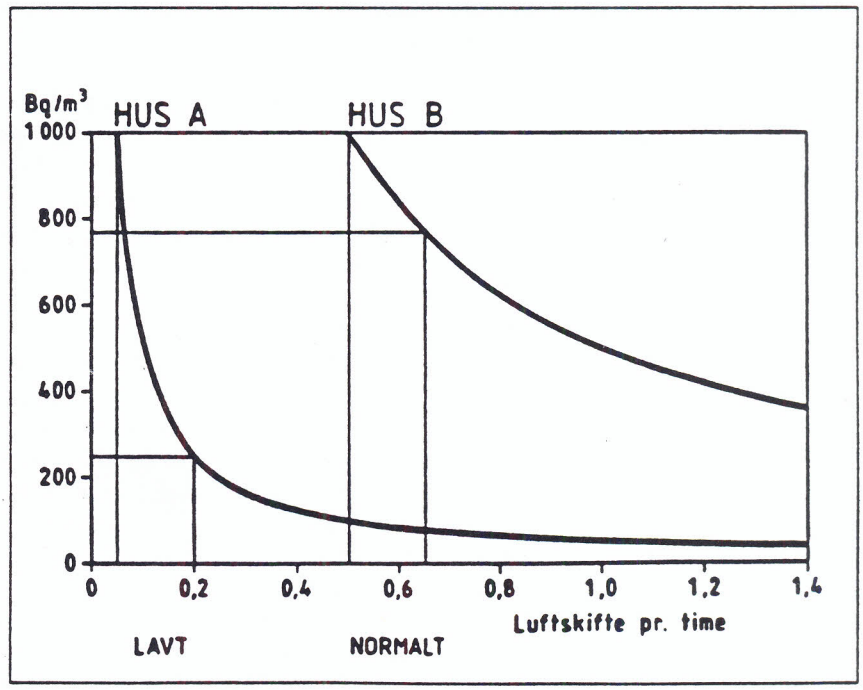


Fig.1. Radonkonsentrasjonen i to hus som funksjon av ventilasjonshastighet. Hus B har vesentlig større tilsig av radon enn hus A. Fra ref.[5].

Denne reduksjonen vil man ofte kunne oppnå ved å lufte skikkelig noen minutter mer hver dag[5]. To eksempler på dette er vist i figur 1. Hvis huseieren investerer ca. 1000 kroner (vifte og rør) pluss en ettermiddags arbeid, vil konsentrasjonen kunne synke til f.eks. 100 Bq/m^3![5] (se figur 2). Med utgangspunkt i disse tallene er det enkelt å vise at det hadde vært vel anvendte penger om hver videregående skole fikk klassesett av dette utstyret! Vårt utstyr ble inntjent i undertegnedes hus (jeg fikk radonsjokk og ble sengeliggende i 2 dager!), og hadde det ikke blitt det, så kjenner jeg til et område hvor det er påvist opptil

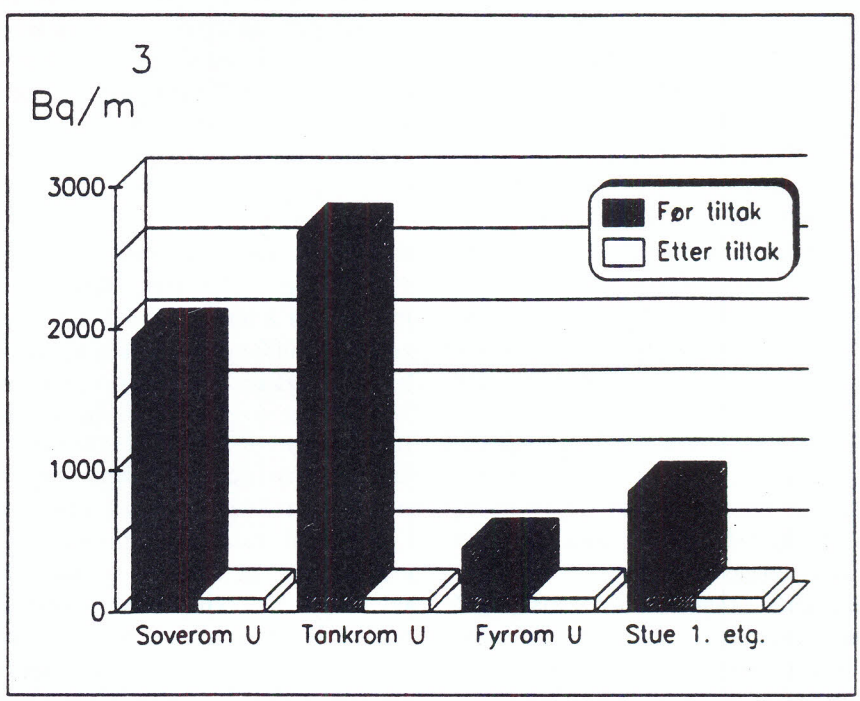


Fig.2. Resultater fra et vellykket tiltak i en bolig der trykket under huset, og dermed tilsig av radon, er senket. Fra ref.[5]

12 700 Bq/m^3 og kun ett av nabohusene er kontrollert. Før tiltak ble satt i gang fikk barna (det var på deres soverom) ca. 8 ganger årsdosen man tillater yrkeseksponerte å motta - men myndighetene gjør ingenting .....

Vi har arbeidet med stråling i 2 Fys tilvalgsstoff. Til pensum har vi valgt ut ca. 100 sider fra "Radioaktivitet Stråling Helse". Ionisasjonskammeret, LASCen og PCen er for store til at hver enkelt elev kan ta disse med hjem, så rent praktisk arbeider vi slik at hver elev får med seg hjem "Sivilforsvarsvesken", en stor plastsekk (for å måle sugehastigheten til støvsugeren de bruker) pluss filter og holder. Det siste er innkjøpt fra KPT. "Sivilforsvarsvesken" inneholder 2 GM-rør, et med og et uten endevindu. Dette utstyret er nylig innkjøpt til Sivilforsvaret, som velvillig har lånt det til oss, både i Mosjøen og på Mo. Elevene måler også bakgrunnstrålinga heime. Vi har laget en forsøksbeskrivelse som bygger på den Storruste har laget[6].

På denne måten har elevene og lærerne i Mo og Mosjøen undersøkt ca. 70 - 80 hus hvorav 4 ga indikasjon på mye radon. Disse har vi så undersøkt med ionisasjonskammeret.

De høyeste verdiene har vi funnet i hus på løsmasse. Vi vil ta nye målinger til vinteren, og trolig konsentrere oss spesielt om slike hus. Vi har rikelig å ta av i begge kommuner.

Mange av husene i Rana har brukt granulat fra jernverket til fyllmasse. Dette stoffet har vi fått undersøkt på SIS, og det avga 20 ganger flere Bq pr. time enn vanlig grus. Slike hus er selvfølgelig også veldig interessante. I Rana har vi begynt å forhandle med kommunen om vi skal undersøke visse interessante områder mot betaling. Hvis det går i orden vil vi bruke pengene til å anskaffe oss et høyttrykksionisasjonskammer. Med et slikt kammer, som er følsomt for gammastråling, vil vi ha samme overvåkningsutstyr som de svenske målestasjonene.

Foruten fysikkseksjonene har også ei gruppe naturfag-engelsk- elever og et par datalærere vært involvert i prosjektet, men vi håper å få med også de andre realfagene neste år.

Elevenes utbytte er litt vanskelig å vurdere, men jeg mener å ha grunnlag nok til å si at prosjektet er blitt godt mottatt - tildels svært godt.

Lærersamarbeidet på tvers av fagseksjoner og skoler har vært av stor verdi. Spesielt det samarbeid / konkurranse som er etablert skolene imellom, er det som på sikt vil være av størst verdi. Til tross for 10 mil mellom Mo og Mosjøen har vi treftes flere ganger i tillegg til mange telefonsamtaler med faglige drøftinger. Det å gå sammen om å kjøpe inn dyrt utstyr som hver skole bruker bare en liten del av skoleåret, syns vi er en god idé vi vil arbeide videre med også i andre sammenhenger.

Allerede før vi hadde nevnt radonprosjektet for elevene fikk vi henvendelser fra mennesker som opplevde huset de bodde i som sykt og ville ha oss til å måle stråling i det. Om det var "vannstråling" eller "jordstråling" som var hovedmistenkt, husker jeg ikke. Det som imidlertid satte seg fast i både hodet og hjertet, var at dette helt tydelig var store problemer for de personer det gjaldt. De følte seg maktesløse, for det var ingen som kunne hjelpe dem. Disse henvendelsene inspirerte oss til å utvide prosjektet til å omfatte flere parametre ved inneklimaet.

En ny søknad ble utformet og sendt fylkeskolesjefen, og de 15 000 kronene vi syntes vi måtte ha for å utprøve utstyret, innkjøp av litteratur, deltakelse på kurs som Sivilingeniørforeningen arrangerte, utarbeidelse av informasjonsmateriell m.m., kom ganske omgående. På Moheia fordelte vi oppgavene slik at en biolog skal sette seg inn i problemer knyttet til fukt, råte og sopp, en kjemilærer har ansvar for å arbeide med gass og støv-analyser, mens undertegnede har hovedansvar for det videre arbeid med radonmålinger pluss måling av elektrisk og magnetisk felt.

Elektrisk og magnetisk felt er et stort tema i 3 Fys, men de fleste skoler har intet eller svært primitivt utstyr til målinger av slike felt. Det som finnes på markedet er enten dårlig eller dyrt. Skikkelig instrument for å måle tidvariabel $\vec{B}$ koster mellom 40 000 og 50 000 kroner. Vi har derfor kontaktet Arnt Inge Vistnes ved Universitetet i Oslo som arbeider med slike målinger og utvikling av måleutstyr. Foreløpig har den kontakten blant annet resultert i tegninger av instrument til måling av variabel $\vec{B}$ pluss grundige instruksjoner (se hefte til fysikk-labben ved UiO). En skole med yrkesfaglig studieretning har sagt seg villig til å produsere instrumentene for oss. Dermed blir kostnadene for skolen vår helt minimale.

Det er utarbeidet en svensk standard for måling av tidsvariable $\vec{E}$ - felt (SS 436 14 90) som kan kjøpes fra Norges Standardiseringsforbund. Disse instrumentene regner vi med å få produsert på samme måte. Ideen er så at elevene utfører målinger heime eller i nærheten av høyspentlinjer - som det er en del av i Rana-regionen. I tillegg kan vi om det skulle vise seg å være interesse for det, utføre målinger på arbeidsplasser hvor det er mistanke om slike felt.

Det har vært fantastisk morsomt og interessant å arbeide med dette prosjektet. Men etterhvert er det også blitt litt skremmende - SIS mener å ha dekning for å si at radon er hovedårsak til et sted mellom 100 og 300 lungekrefttilfeller årlig[7].

Ingen myndighet ser ut til å ta problemet på alvor. Her har vi i skolen en unik sjanse til å vise at vi kan og vil ta ansvar, og på den måten bedre skolens stilling i samfunnet og kanskje også øke vår egen selvrespekt.

Referanser

1. Rana Blad **30/4** ,1986
2. T. Henriksen, F. Ingebretsen, A. Storruste og E. Stranden *"Radioaktivitet, Stråling, Helse"* Universietsforlaget ,1987
3. *Radon i boliger. En veiledning for kommunene (utkast)* Helsedirektoratet / SIS ,1990
4. P. Strand, J.B. Reitan, O. Harbitz, L. Brynildsen *Helsetiltak som følge av Tsjernobyl-ulykken, forholdet mellom kostnader og spart stråledose 1987 og 1988* Tidsskrift for den norske legeforening **110, no.3** ,1990
5. J. Brunsell *Tiltak mot radon i eksisterende bygninger* Norsk VVS **3** ,1990
6. A. Storruste og E. Larsen *Måling av Radon med enkle midler* Fysisk inst., Univ. i Oslo rapportserie **88-06** ,1988
7. *Radon i boliger. Helserisiko, Målinger, Mottiltak* Statens institutt for strålehygiene ,1990

∞

Noen særegne trekk ved bergartsmagnetisme

Rolf Hummervoll *

Allerede i begynnelsen av forrige århundre kjente man til at potteskår etc. fra gamle ildsteder kunne ha blitt påført permanent magnetisme, en såkalt TRM (termo remanent magnetisering), under avkjølingen i det daværende geomagnetiske felt. Antok man at retningen til denne magnetisering ville være den samme som retningen til det lokale magnetiserende felt, kunne man ved å måle retning og intensitet til remanensen få en idé om variasjonene til det geomagnetiske felt opp gjennom de siste årtusener. Dette gjaldt for regionale korttidsvariasjoner, de såkalte sekularvariasjoner, såvel som for mer globale totalendringer. Denne type undersøkelser går i dag under navnet arkeomagnetisme.

Det var imidlertid først i vårt århundre at interessen for bergartsmagnetisme startet for alvor. Man oppdaget nemlig etterhvert at ikke bare brente potteskår etc., men også den fossile magnetisme i bergartene generelt kunne avsløre feltvariasjoner og geofysiske aktiviteter i jordskorpen helt tilbake til geologisk tid. I dag blir remanensanalyse anvendt som redskap for å løse mange forskjellige geofysiske og geologiske problemstillinger, så som: kontinentaldrift, polvandring og i platetektonikk for å nevne noen. Den fossile magnetisme brukt på denne måten går oftest under betegnelsen paleomagnetisme (paleo = gammel).

Magnetisering

Kort og noe forenklet kan man si at med begrepet å magnetisere menes å ordne eller innrette atomere elementærmagneter i en felles retning. Denne innretning eller paralellisering utøves i det mikroskopiske tilfelle av indre elektrostatiske og krystallinske krefter, mens det i det makroskopiske tilfelle frambringes av et ytre påtrykt magnetisk felt. Et magnetisert magnetisk materiale innehar således en ordnet fysisk tilstand i motsetning til den umagnetiske, som er en kaotisk tilstand. Den indre naturlige magnetisering på atomnivå kalles for den spontane magnetisering. Den finnes i alle ferromagnetiske stoffer som befinner seg under en viss kritisk temperatur (Curiepunktet). Denne basismagnetismen eksisterer altså selv med null ytre felt.

Magnetisk materiale i bergarter

De materialer som man vanligvis forbinder med magnetisme er først og fremst jern, cobolt og nikkel, og deres legeringer. I bergartene er det imidlertid jernoksyder så som magnetitt (Fe_3O_4) og hematitt (Fe_2O_3) som dominerer. De to sistnevnte oksyder er endepunktene i to blandingsrekker: (Fe_2TiO_4 – Fe_3O_4) og ($FeTiO_3$ – Fe_2O_3). Blandingsrekkene hører i sin tur med i det såkalte ternære system hvor FeO, Fe_2O_3 og TiO_2 innehar triangelpunktene i diagrammet. Tilsammen inneholder de to rekkene de viktigste magnetiske mineralene i bergartene. (Se fig. 1)

Den kjemiske prosess som foregår ved blandingsforskyvninger i de to rekkene består i at jernionene skiftes ut med titanioner. Derfor kalles også mineralene i rekkene for henholdsvis titanomagnetitter og titanohematitter. De

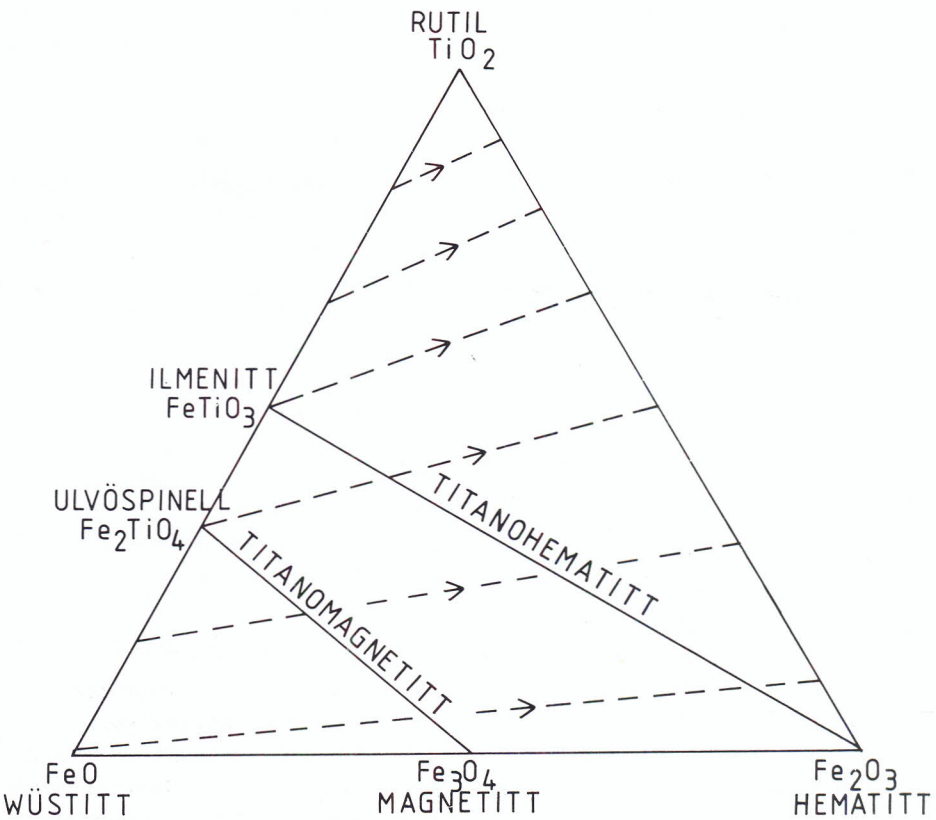


Fig.1. Figuren viser det ternære system med de to blandingsrekkene titanomagnetitt og titanohematitt. De stiplete linjene angir konstant (Fe/Ti) forhold, og representerer samtidig oksydasjonsretningene for mineralene.

*Institutt for den faste jords fysikk - Geomagnetisme, Universitetet i Bergen

magnetiske egenskapene til mineralene i rekkene forandrer seg drastisk med titaninnholdet. Curie-punktet for titanomagnetitter for eksempel, avtar nærmest linjert med tilførsel av titan, fra 578°C for ren magnetitt til ca. minus 200°C for Ulvöspinell (Fe_2TiO_4). Et lignende forløp finnes for den andre rekken. Også andre magnetiske parametere så som magnetisk moment og metningsmagnetisering er sterkt avhengig av den kjemiske komposisjon.

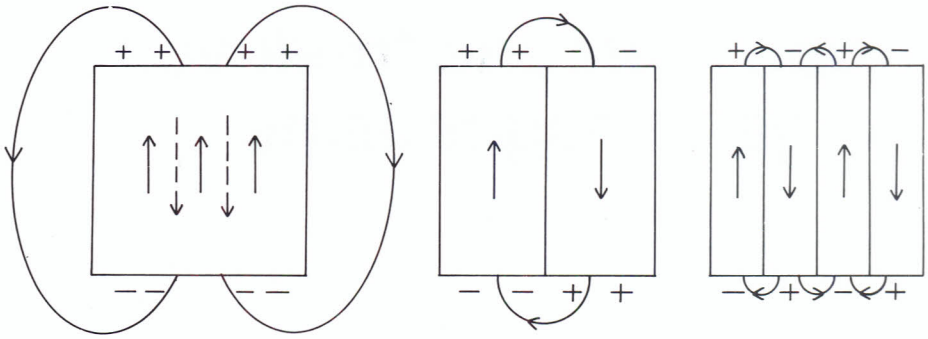


Fig.2. Figuren illustrerer oppdeling av ferromagnetiske korn i domener. De heltrukne pilene viser magnetiseringsretningene for de enkelte domener, og de stiplete pilene indikerer det demagnetiserende felt.

Kornoppdeling

En annen særegenhet med bergartene er at det magnetiske materiale forekommer kun i form av små korn, i motsetning til fysisk homogent jern, som brukes i vanlige magneter. I tillegg er kornene uregulære i formen, og varierer fra submikroskopiske til noen hundre mikrometer i størrelse. Mengden av magnetiserbart materiale er også meget lite. Det kan variere fra 3 – 4 volum prosent for eruptive bergarter til bortimot null for enkelte sedimenter. Det kreves derfor meget følsomme instrumenter for at man skal være i stand til å måle noen magnetisering i det hele tatt.

Anisotropi på grunn av kornstrukturen

På grunn av den inhomogene struktur til det magnetiske stoff i bergartene vil de magnetiske egenskapene fortone seg vidt forskjellig fra et vanlig homogent materiale. Et ellipsoidisk korn for eksempel, vil ha en markert forskjell i de magnetiske egenskapene langs den lengste aksen sammenlignet med kortaksene. Denne formanisotropi oppstår på grunn av at det blir dannet såkalte magnetiske poler på endeflatene av legemet. Inne i kornet vil de atomære dipoler oppheve eller kansellere hverandre, mens man vil få en ansamling av ukompenserte poler ved ende og overgangsflater. Disse overflatepolene medfører at det dannes et indre motfelt, et såkalt selvdemagnetiserende felt H_d, som vil være proporsjonalt med magnetiseringsintensiteten I_o (Se fig. 2). Dette overflatefenomen, som har visse fysiske likheter med overflatehinnen i en væske, oppstår når den magnetiske flux går fra en type magnetisk materiale til et annet. Selve magnetiseringsprosessen for et korn ligner på flere måter det man i elektromagnetismen kaller for Lenz lov. Motspenningen, som induseres ifølge Lenz lov, vil i det magnetostatiske tilfelle svare til motfeltet H_d. Dersom kornet byttes ut med et ellipsoidisk hulrom i et magnetisk materiale, vil det indre felt, som skyldes poldannelse, bli et medfelt. Slike hulromsfelt kalles for Lorentz-felt. Sammenfattes dette i en formel finnes følgende uttrykk:

$$H_i = H_{ex} - NI \qquad (1)$$

Her er H_i det indre effektive felt som kornet erfarer, og H_{ex} er det ytre påtrykte felt. Proporsjonalitetsfaktoren N, som er formavhengig, kalles for demagnetiseringsfaktoren. I kartesiske koordinater kan N uttrykkes med komponentsummen (i c.g.s.-enheter):

$$N_x + N_y + N_z = 4\pi \qquad (2)$$

Av dette uttrykk ses lett at N for en kule blir $4\pi/3$, og for en lang stav 2π. Maksimalverdien på 4π finnes for en plate som magnetiseres på tvers.

For suseptibiliteten kan denne formanisotropi, som antydet tidligere, føre til en betydelig forskjell i verdi for de forskjellige retninger. Kalles den indre virkelige suseptibilitet for K_i og den målte eller tilsynelatende for K_a gis følgende sammenheng $I = K_iH_i = K_aH_{ex}$. Ved innsetting og ordning i (1) finnes følgende uttrykk.

$$K_a = K_i/(1 + NK_i) \qquad (3)$$

Siste ligning viser at dersom produktet NK_i er stort i forhold til enheten, vil K_a være fullstendig dominert av formfaktoren N, og ikke av K_i. Dette er tilfelle for magnetitt som har en høy indre suseptibilitet. En litt annen måte å vise den samme effekt på er ved følgende resonnement. La oss tenke oss et magnetisk materiale av uendelig utstrekning. Dette materiale magnetiseres med et felt H_{ex}, og oppnår dermed en remanent magnetisering I_o. La så et begrenset legeme av dette materiale bli kuttet ut og målt. Den intensitet som nå observeres på den remanente magnetisering I_{obs} er mindre enn I_o. Magnetiseringen til et avgrenset magnetisk legeme vil ved enhver form bli selvjustert slik at polarisasjonen motbalanserer nett og jevnt differansen ($I_o - I_{obs}$):

$$I_o - -I_{obs} = NI_{obs}K_i$$

eller

$$I_{obs} = I_o/(1 + NK_i) \qquad (4)$$

Denne ligning viser at det remanente moment pr. volumenhet I_o, som man skulle forvente å finne, vil bli redusert med faktoren $1/(1 + NK_i)$.

Det er altså to måter å se dette på: enten ved at suseptibiliteten blir påvirket på en slik måte at den tilnærmet blir proporsjonal med brøken $1/N$, eller ved at det remanente moment blir redusert i forhold til den forventede verdi. I og med at det påtrykte feltet først må overvinne motfeltet før kornet erfarer den demagnetiserende effekt, vil slike korn virke magnetisk harde, og på den måten komplisere analysen.

Domeneoppdeling og små restmomenter

På grunn av materialets indre krystallinske struktur og kornets form, vil den remanente magnetisering til et korn være forbundet med forskjellige typer energier. Av disse vil den magnetostatiske energi $1/2NI^2$, som kommer fra det demagnetiserende feltet, være den mest framtredende. For å redusere denne energi oppdeles store korn i domener eller

små områder (se fig. 2). I enakslige korn vil magnetiseringen til disse domener være alternerende i retning, og overgangslaget mellom to domener vil være en 180° domenevegg.

Ved dannelse av domener vil den magnetostatiske energi bli redusert. Energireduksjonen vil være proporsjonal med antall domener, men samtidig vil en annen type energi bli påført. Denne energi, som har sin opprinnelse i den krystallinske struktur, er proporsjonal med veggarealet, og øker således med oppdelingen. Dermed vil antall domener være styrt av to konkurrerende energityper, som til sist samordnes til et resulterende minimum for kornet som helhet. Beregninger viser at minimum energi for små korn oppnås når magnetiseringen inneholder kun ett domene.

I naturlige bergartsprøver vil man finne både enkeldomene og/eller flerdomenekorn. Hvilken domenekonfigurasjon som hvert enkelt korn innehar, bestemmes stort sett av størrelse og form på kornene, men andre faktorer så som: type materiale, indre mekaniske strekkrefter etc. har også medvirkning. I bergartene forekommer magnetitt som regel i store korn, mens hematitt dominerer i små korn.

PSD-momenter

Overgangen fra enkel til flerdomene korn er ikke skarp. Ut fra en rekke eksperimentelle undersøkelser både på syntetiske og naturlige prøver synes det som om det eksisterer et område hvor enkeldomene karakterer er superponert på multidomene egenskaper. Korn med slike sammensatte og diffuse egenskaper sies å inneholde såkalte PSD-momenter (Pseudosingle domains). Denne type korn har i lang tid vært årsak til mye usikkerhet og diskusjon med hensyn til deres betydning i bergarts- og paleomagnetisk sammenheng. En felles konklusjon ut fra alle disse forsøkene i forskjellige laboratorier, er at de absolutt spiller en stor rolle i magnetiseringsprosessen til bergartene, og at de sannsynligvis er en av de viktigste remanensbærerne. PSD-momentene er også mest sannsynlig årsaken til at mange bergartstyper ikke lar seg demagnetisere til null med hjelp av vekselfelt. Dette medfører at prøver fra ellers paleomagnetiske interessante områder må forkastes.

PSD-modeller

Det har vært foreslått mange modeller for å kunne forklare disse PSD-momentene. En av disse er direkte knyttet til selve domeneveggen. Dette kommer av at dreiningen av momentene gjennom domeneveggen foregår gradvis over flere atomplan, og ikke i en spontan rotasjon på 180°. Dermed blir det dannet et lite restmoment, som har en retning vinkelrett på domenemagnetiseringen, slik fig. 3 illustrerer.

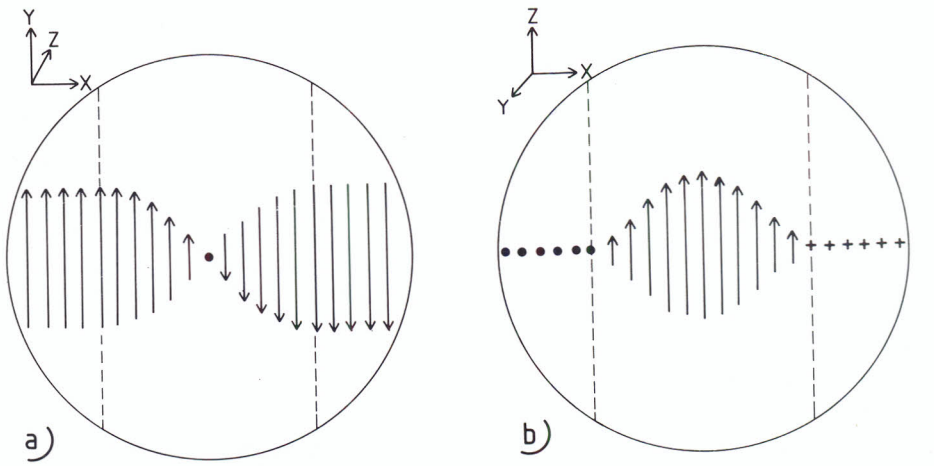


Fig.3. I figur 3 vises to vinkelrette snitt gjennom et todomenekorn med en 180° vegg. Som det fremgår av figur (b), vil den gradvise rotasjon av vektorkomponentene gjennom veggen gi et ukompensert moment vinkelrett på domenemagnetiseringen.

Disse permanente veggmomenter oppfører seg som "virkelige" PSD- momenter kun i små korn, fordi i store flerdomene korn vil den gjensidige vekselvirkningen mellom et stort antall forskjellige momenter kansellere hverandre.

Et annet eksempel på en mulig forklaring på opprinnelsen til slike PSD-momenter er det kileformige todomene kornet skissert i fig. 4 nedenfor.

Et ideelt todomene korn, som har en homogen magnetisering og er delt på midten med en 180° domenevegg, vil oppfattes som umagnetisk da domenemomentene balanserer hverandre $M_1 = M_2$. I et kileformig todomene korn, vil domeneveggen forskyves mot spissen av kornet, og dermed forårsake en ubalanse i de to domene momentene. Veggforskyvningen har to årsaker. For det første forskyves veggen fordi veggenergien, som er proporsjonal med arealet, dermed minker. For det andre forsøker veggen å forskyve seg mot spissen for å redusere den magnetostatiske energi. Denne er nemlig størst i spissen, da polene ligger nærmest der. Minimum energi for kornet som helhet oppnåes derfor når det eksisterer en usymmetrisk fordel-

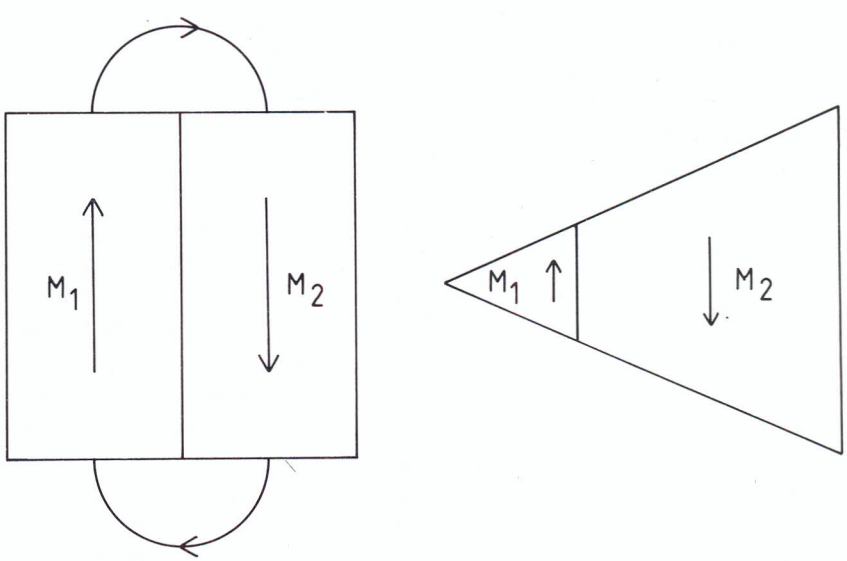


Fig.4. Figuren viser skjematisk et ideelt og et kileformig todomenekorn.

ing av magnetiseringen. M_2 vil dermed bli større enn M_1 på grunn av større volum, og et ukompensert restmoment er dannet. Slike kileformige domenekonstellasjoner kan forekomme på overflaten av store kuleformige korn som en slags pertuberanser eller utbukninger. På den måten oppstår en kombinasjon av enkeldomene egenskaper superponert på en flerdomene karakter.

Til sist skisseres en modell hvor restmomentet dannes ved at domenegrensene i et flerdomenekorn forskyves relativt en ideell nullmoment plassering. På grunn av krystallenes realstruktur med gitterfeil og andre ufullkommenheter vil sammenhengen mellom energi og veggforskyvning ikke være en enkel funksjon, men inneholde lokale ekstremalpunkter som figuren ovenfor antyder. Disse virker som lokale bindinger og barrierer for domeneveggene (se fig. 5).

Dersom minimums-punktene i energifordelingen ikke stemmer overens med punktene for en symmetrisk nullmoment fordeling oppstår ubalanserte PSD-momenter. Småmomenter dannet på denne måten kalles for "Barkhausen discreteness", og er paralelle med hoveddomene momentene.

I og med at PSD-momentene til den første og siste modellen står vinkelrett på hverandre, vil de være uavhengige når de opptrer i samme korn. Kilemomentene derimot vekselvirker både med seg selv og sine nabo-momenter, og kan av den grunn utviske hverandre i store korn.

Bergartsremanenser

En av de viktigste remanenser som forekommer i eruptive bergarter er den foran-nevnte TRM. Denne dannes for eksempel ved at glødende magma avkjøles i det jordmagnetiske felt. En slik feltavkjølingsprosess kan være kortvarig geologisk sett, og således representere en slags "øyeblikksverdi", en såkalt "spot reading", av det geomagnetiske felt. Avkjølingen kan imidlertid også vare over lang tid, og på den måten fange inn mange forskjellige feltretninger i remanensen. Det er derfor nødvendig å analysere de forskjellige remanenser ved progressiv demagnetisering.

Det var den franske fysiker og Nobelprisvinner L. Neél som i 1950- årene la grunnlaget for den teoretiske forståelse av bergartsmagnetismen. Neél forklarte de to viktigste magnetiseringsformer som forekommer i bergartene, nemlig antiferromagnetisme og ferrimagnetisme. Disse forekommer henholdsvis i hematitt og magnetitt. Han forklarte også hvordan svakfelts remanenser kunne oppnå forholdsvis kraftige intensiteter, og i tillegg inneha en høy stabilitet, som tilfelet er for mange bergartsremanenser. All magnetisme avtar med tiden t. Dette kan uttrykkes med formelen:

$$m = m_o exp(-t/\tau_o) \qquad (5)$$

Her er m_o begynnelses-verdien av det magnetiske moment, og τ_o kalles relaksasjonskonstanten for de involverte korn. Denne må nødvendigvis avhenge både av anisotropi barrieren K_uV, og den termiske fluktasjonsenergi kT. Sammenhengen mellom τ_o og disse energier framkommer med følgende uttrykk:

$$\tau_o = (1/f_o) exp(K_u V/kT) \qquad (6)$$

Her er f_o en frekvensfaktor som har verdien 10^9 pr. sekund. I den siste formelen er det viktig å merke seg at τ_o er proporsjonal med en eksponentsial funksjon, og at brøken (V/T) forekommer i eksponenten. Karakteren til e-funksjonen medfører at det skal bare en liten forandring i V eller T for at relaksasjonstiden forandrer seg dramatisk. Av den grunn eksisterer det en vel definert kritisk verdi for brøken (V/T) for hvilken overgangen fra $\tau_o \ll t$ til $\tau_o \gg t$ vil finne sted.

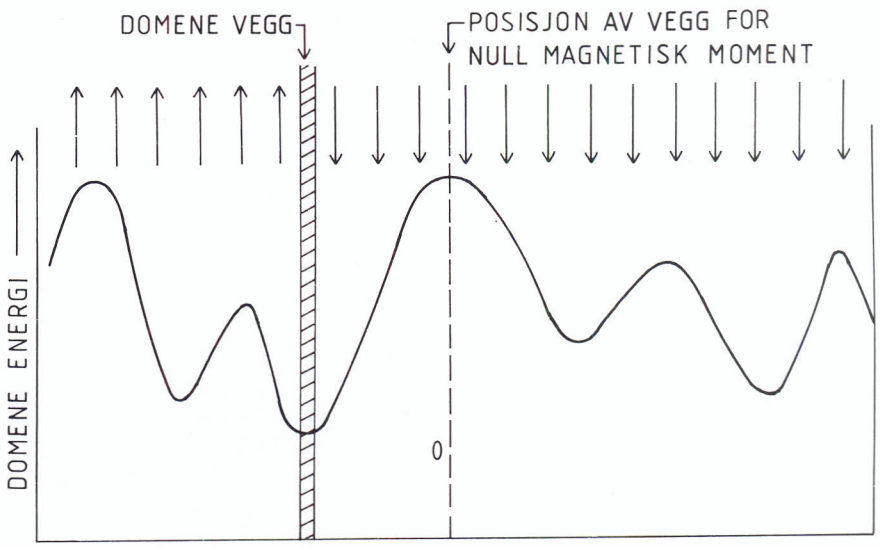


Fig.5. Figuren illustrerer domene-energien som funksjon av veggforskyvningen i et lite ferromagnetisk korn.

CRM (Kjemisk remanent magnetisering)

Et eksempel med et lite magnetittkorn som tenkes å forandre litt på volumet vil belyse dette fenomen. Ved romtemperatur vil et lite kule- formig korn med radius på 260 Å ha en relaksasjonstid på mindre enn 0,1 sekund. Det vil med andre ord oppføre seg superparamagnetisk, og således ikke være i stand til å holde på noen remanens over tid i det hele tatt. Økes volumet imidlertid, ved at radius øker til 340 Å, vil kornets relaksasjonskonstant øke til 109 sekunder. Dette viser at et lite magnetittkorn forandres fra å være et, i paleomagnetisk sammenheng, unyttig magnetisk materiale til et stabilt remanens-bærende korn, som kan beholde sin fossile feltinformasjon i tusenvis av år.

En slik volumøkning kan finne sted i naturen ved at kjemisk ustabile magnetiske materialer oksyderes. Dersom det samtidig forefinnes påvirkning av et ytre magnetiserende felt vil en slik oksydasjonsprosess opparbeide over tid en såkalt CRM. Slike remanensdannelser er ganske vanlige i enkelte sedimentære bergarter, og er til stor nytte i magnetisk stratografi og ellers i paleomagnetiske undersøkelser. Under spesielle forhold kan slike kjemiske prosesser være opphav til såkalte selvreverseringer, hvor resultant retningen på den totale opprinnelige remanens er blitt snudd 180°.

TRM

En lignende dramatisk endring av relaksasjonstiden vil finne sted dersom temperaturen forandres istedet for volumet. Økes temperaturen for eksempel til oppunder Curie-punktet for det aktuelle magnetiske stoff, blir den termiske agitasjon så voldsom at all orden og kooperativ virksomhet mellom de magnetiske momentene forsvinner. Dermed vil til og med et svakt ytre magnetisk felt være i stand til å paralellisere nesten alle de frigjorte momentene. Siden relaksasjonstiden ved denne høye temperatur i tillegg er meget kort, vil termisk likevekt oppnåes nesten umiddelbart. Senkes temperaturen noen grader, vil τ_o på ny øke formidabelt. Den magnetiske tilstand som eksisterte ved Curie–punktet sies derfor å bli frosset inne. Under videre avkjøling øker ytterligere den remanente intensitet. Ved romtemperatur vil derfor den resulterende TRM både være mange ganger sterkere og mye mer stabil enn en tilsvarende IRM (isoterm remanent magnetisering) dannet i samme lave felt.

Kortfattet kan man si at under TRM-dannelse oppløser den termiske påvirkning hindringene for magnetisering slik at det magnetiske stoff blir lett påvirkelig for et ytre felt. Dermed kan magnetisk harde korn aktiviseres og innlemmes i remanensen, som ellers ville vært umulig for så svake felt som jordfeltet.

ARM (Anhysteretisk remanent magnetisering)

Kombineres et avtagende vekselfelt med et svakt likefelt genereres en remanent magnetisering som kalles ARM eller ideell magnetisering. Denne type remanenser dannes i naturen under lynnedslag. De finnes spesielt mye i bergarter som befinner seg i ekvatoriale strøk, da både styrke og hyppighet av atmosfæriske utladninger er størst på slike breddegrader.

Både selve magnetiseringsmekanismen og karakteren til ARM ligner mye på TRM. Ved TRM-dannelse var det termiske påvirkninger som utvisket de magnetiske barrieregrensene, mens det for ARM vil være det randomiserende vekselfelt som "river i stykker" de tilsvarende hindringer. På grunn av denne likhet blir laboratorieframstilt ARM mye brukt som erstatning for TRM ved eksperimentell forskning, da oppvarming av bergartsprøver i en TRM-prosess lett kan føre til at de opprinnelige mineraler forandres ved kjemisk påvirkning.

VRM (Viskøs remanent magnetisering)

Ut fra formelen for relaksasjonstiden τ_o kan man finne sammenhengen mellom to forskjellige relaksasjonstider τ_1 og τ_2 når de respektive temperaturer er T_1 og T_2.

$$T_1 ln(c\tau_1) = T_2 ln(c\tau_2) \qquad (7)$$

Det forutsettes her at anisotropikonstanten K_u er uavhengig av temperaturen i det aktuelle intervall. Ligningen viser at det oppnås den samme effekt ved en moderat temperatur T_1 som ved en høyere temperatur T_2, bare tiden er tilstrekkelig lang. Denne langtidseffekt har store konsekvenser for magnetismen i bergartene, i og med at tiden for en bergartsdannelse kan ta både 10 og 100-tusener av år. En viskøs magnetisering, som i laboratorie-sammenheng kun kan holde på sin remanens i størrelsesorden sekunder, vil kunne under rolige geomagnetiske forhold i løpet av et geologisk tidsintervall opp-arbeide en remanens, som både i styrke og stabilitet kan sammenlignes med de forannevnte magnetiseringer.

Den enormt lange tiden, som det opereres med i geologisk sammenheng, har dessverre også den motsatte effekt. Som tidligere påpekt vil all remanent magnetisme avta med tiden, slik at bare ekstremt stabile bergarter magnetisk sett er relevante som materiale i paleomagnetiske arbeider. Dette gjelder naturligvis spesielt for svært gamle bergarter, men også for geologisk yngre formasjoner kan det hende at den primære magnetisering rett og slett har forsvunnet.

Sluttbemerkning

Selvfølgelig vil den spontane magnetisering for hematitt, for eksempel, være den samme enten det forekommer som bestandel i bergartene eller som magnetisk belegg på båndet i vanlige musikkasetter. Det er de gitte betingelser som den remanente magnetisering dannes under i naturlige bergarter, som i de fleste tilfeller er helt enestående. Detter gjelder ikke bare konsekvenser som kan tillegges materialets ufullkommenhet og geologisk langtidsvirkning, som er forsøkt belyst tidligere, men også ekstreme verdier på fysiske størrelser som trykk og temperatur. Tilsammen medfører dette at de magnetiske egenskapene til remanenser generert i naturen ofte viser spesielle trekk, som man ellers sjelden eller aldri treffer på i magnetostatikken. Slike ting er selvfølgelig med på å gjøre bergartsmagnetisme interessant, men det medfører også at forskere i anvendt paleomagnetisme får vanskeligheter med å tolke de innsamlede data. Selv om det i dag arbeides med problemer innenfor fysisk bergartsmagnetisme over hele verden, synes det likevel som om det er langt igjen til den fulle forståelse.

Som en slags konklusjon kan sies at prosesser som foregår i naturen er som regel atskillig mer kompliserte og diffuse enn hva tilfellet er for tekniske produksjonsprosesser i industrien. Detter er også tilfelle for remanensdannelse i bergarter.

Referanser

1. L. Neél *Some Theoretical Aspects of Rock Magnetism.* **Advances in Physics,** 4,191, 1955.
2. T. Nagata *Rock Magnetism.* Maruzen company LTD, Tokyo, 1961.
3. F.D. Stacey *The Physical Theory of Rock Magnetism.* Advances in Physics, **Vol.12** ,Number 45, 1963.
4. F.D. Stacey and S.K. Banerjee *The Physical principles of Rock Magnetism.* Elsevier, Amsterdam, 1974.
5. D.W. Collinson *Methods in Rock Magnetism and Palaeomagnetism. Techniques and Instrumentation.* Chapman and Hall, 1983.
6. W. O'Reilly *Rock and Mineral Magnetism.* Blackie 1984.
7. W.F. Brown Jr. *Magnetostatic principles in Ferromagnetism.* North - Holland Publishing Company, 1962.

∞

Rondablikkseminar i kondenserte fasers fysikk og kjemi, 1990

Olav Steinsvoll *

En har etterhvert funnet fram til en bra form for seminaret med en passe blanding av inviterte foredrag av internasjonale størrelser innafor ulike fagfelter og korte bidrag eller forskningsrapporter fra institusjoner i Norge.

Seminaret betraktes som et slags "mønstringsrenn" fra NAVFs side, og den unge forskeren vil få trening i å legge fram resultatene sine på engelsk før han kanskje vil stå overfor en krevende internasjonal forsamling. En har prøvd å holde oversiktsforedragene på et læreboksnivå, slik at studenter uten særkunnskap i emnet skal ha mulighet til å følge med. Møtet samlet over 50 deltakere og stemningen var god.

Vi skal nedenfor omtale noe av innholdet av hovedforedragene som ble holdt.

Elektrontetthet og kjemiske bindinger.

Dette var tittelen til foredraget til professor Ivar Olovsson fra Universitetet i Uppsala. Før vi omtaler foredraget hans , skal vi se på en del grunnleggende fakta om elektrontettheter i atomer. En kan studere slike tettheter ved å spre røntgenstråling fra atomer. Måleresultatet gir en fordeling av negative elektroner som en kontinuerlig sky rundt en positiv atomkjerne. Tettheten i skya avtar monotont fra et maksimum i kjernen og utover, vekk fra kjernen. Dette stemmer helt overens med de elektron-tetthetsfordelinger som en kan regne seg fram til ved å bruke kvantemekanikk og store datamaskiner. En ser ikke antydning til noen "elektronskall" som det står om i kjemibøkene. Elektrontettheten endrer seg altså ikke sprangvis med avstanden fra kjernen. Skallbegrepet og bruken av orbitaler til å forklare ulike kjemiske bindingstyper (kovalent-, ione- og hydrogenbinding) er altså kjemiske begrep og billeder som ikke svarer helt til fysiske beregninger. Det er derfor galt når det i noen lærebøker står at det er tomrom mellom atomkjernen og det innerste elektronskallet !

Vi har ovenfor tenkt på et enkelt, fritt atom med sfærisk symmetri. Da er elektron-tetthetsfordelinga identisk den samme i alle retninger ut fra kjernen og avhenger bare av avstanden fra den. Når atomer slår seg sammen til molekyler, f.eks. H_2, blir symmetrien lavere og tetthetsfordelinga blir både avstandsavhengig og retningsavhengig. Tetthetsfordelinga må da vises ved såkalte nivådiagrammer i plan valgt på passende måte i forhold til molekylets symmetriakser. På samme måten som ved koter på et kart trekker en da kurver gjennom punkter med samme tetthet rundt molekylet. Enheten for elektrontetthet blir Coulomb per volumenhet, altså ($e/Å^3$)

En kan nå gjøre to sett kvantemekaniske beregninger for hydrogenmolekylet: I det ene tilfellet setter en to protoner i den målte likevektsavstanden for molekylet og beregner kvantemekanisk elektron-tetthetsfordelinga for skya som skyldes at to elektroner samtidig kretser rundt de to protonene. I det andre tilfellet summerer en to beregnede tetthetsfordelinger for elektronet som kretser rundt et fritt atom når to protoner settes i den kjente atomavstanden. Det viser seg nå at de to fordelingene skiller seg lite fra hverandre, men det er likevel små, tydelige forskjeller som må skyldes bindingseffekter. En kan få slike effekter fram ved å trekke de frie atomenes tetthetsfordeling fra den totale tetthetsfordeling. En får da deformasjonstetthetsfordelinga

$$\delta\rho = \rho_{tot} - \sum_i \rho_i(atom)$$

For hydrogenmolekylet finner en da en økning av elektron- tettheten i området mellom de to protonene. Dette går godt sammen med billedet fra kjemisk bindingsteori der den kovalente bindinga i H_2-molekylet antydes ved et elektronpar mellom protonene, H:H . På utsida av molekylet får en en tilsvarende reduksjon av elektrontettheten, se figur 1.

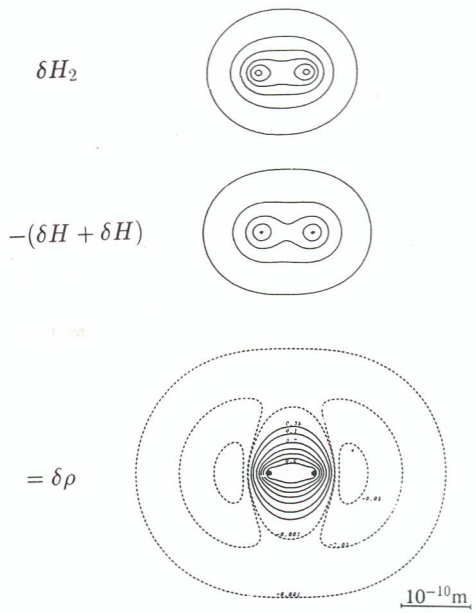


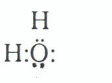
Fig.1. Viser nivådiagram av den beregnede elektrontettheten i hydrogenmolekylet (til venstre) og summen av elektrontetthetene for to frie hydrogenatomer (til høyre) plassert i samme kjerneavstand som i hydrogenmolekylet.

Fig.1b. Trekkes elektrontetthetene i høyre halvdel av figur 1a fra tetthetene i venstre halvdel, fås differansetetthetsdiagrammet vist i denne figuren. Vi ser at det skjer en opphoping av positiv elektrontetthet i mellomrommet mellom hydrogenatomene når atomene forenes til et H_2- molekyl.

I foredraget gikk Olovsson bl.a. inn på hvordan disse bindingseffektene arter seg i vannmolekylet, H_2O. Dette er naturligvis et mer komplisert tilfelle enn

*Institutt for Energiteknikk

H_2. Vann er et bemerkelsesverdig stoff som har akkurat de fysiske egenskapene som livet på jorda krever (eller kanskje omvendt !). De uvanlige egenskapene er knyttet til forekomsten av hydrogenbindinger mellom vannmolekylene. Molekylet er V-formet med en stump vinkel på 104.5° mellom de to OH bindingene. I det kjemiske billedspråket (oktettmodellen) tegnes molekylet



der to eletronpar antyder bindingene mellom hydrogen og oksygen. I tillegg får en to ledige elektronpar på oksygenatomet, i motsatt retning av hydrogenatomene. Figur 2 viser beregnede elektron-tetthetsfordelinger for vannmolekylet etter det opplegget vi omtalte ovenfor. Differansediagrammet viser en opphopning av elektrontetthet mellom oksygen og hydrogen-atomene og dessuten en opphopning på "baksida" av oksygen. Det vokser ut "ører" på oksygenet. Dette område tilsvarer de ledige elektronpar i bindingsmodellen ovenfor. Vannmolekylet får et stort dipolmoment og virker elektrostatisk på de positivt ladete protonene i 2 nærliggende vannmolekyler. Dessuten passer det slik at en kan få en svak binding mellom "ørene" på oksygenatomet og hydrogenatomet i de to nærliggende vannmolekylene i tetrahederretningene, såkalte hydrogenbindinger. Vi ender altså opp med en "trimer" av tre vannmolekyler. Ved temperaturer nedover mot 0 °C kjeder flere slike systemer seg sammen og gir opphav til at vann har størst tetthet ved 4 °C. Under denne temperaturen forberedes overgangen til isfasen ved at kjedene blir enda lengre, men mere grisne. Hvert oksygenatom vil da ha fire andre oksygenatomer grupert tetrahedrisk rundt seg. Dette betyr at hvert vannmolekyl binder seg til fire andre vannmolekyler til et stivt gitter. Is er derfor lettere enn vann. En har undersøkt om en kan se virkninger på deformasjonstettheten i området der en har ledige elektronpar på oksygenatomet når vannmolekyler inngår i andre kjemiske sammenhenger.

Uppsalagruppa har bl.a. studert elektron-tetthetsforskyvninger i det tilfellet at vannmolekyler går inn som "krystallvann" i mineraler og andre kjemiske forbindelser. I alle tilfellene ser en effekter som anskueliggjør at det kjemiske

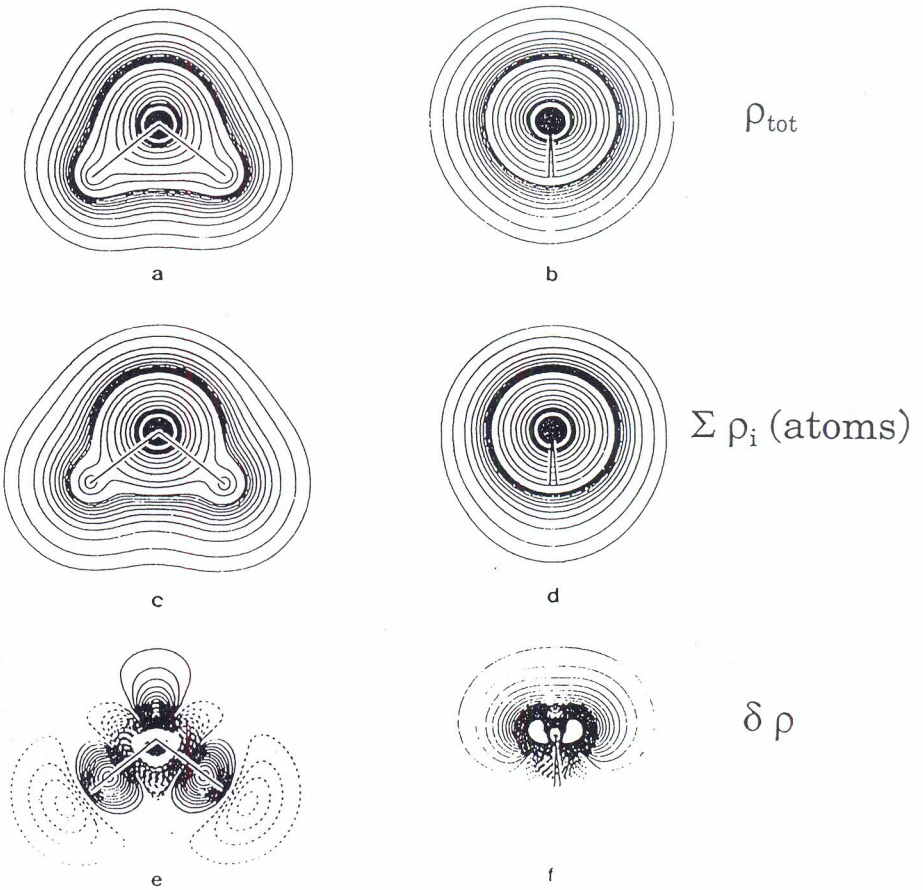


Fig.2. Del a og b viser nivådiagrammer beregnet for elektrontettheten i vannmolekylet i to projeksjoner. Del c og d viser summen av elektrontetthetene rundt frie hydrogen og oksygen atomer plassert i samme avstand som i vannmolekylet. Del e og f viser differansetetthetsdiagrammer som fås når fordeling c trekkes fra a og d trekkes fra b. Vi finner opphopingsområder for elektroner både mellom hydrogen og oksygen, men også på "baksida" av oksygenatomet. Utafor hydrogenatomene ses områder med forminsket eller negativ elektrontetthet (stiplete nivåkurver)

billedspråket og bindingsteorien til en viss grad har sitt motstykke i den fysiske virkeligheten.

Forsøk på å lage modeller av turbulent oppførsel.

I København er det et aktivt teoretisk miljø som arbeider med forskjellige sider av det fysiske fenomenet turbulens. Ved Nordita har de særlig gått inn på hvilke fraktale egenskaper som kjennetegner turbulens, 1/f -støy og selvorganisert kritikalitet. Fem forskere deltar i denne gruppa med M. Høgh Jensen som leder. Ved Niels Bohr Institutet er det et tilsvarende antall forskere som har tatt for seg klassisk kaos og kvantekaos, og en eksperimentator finnes også. T. Bohr deltar i den siste gruppa der P. Cvitanovic er leder.

Det en kan kalle "lavdimensjonelt kaos" er allerede et ganske modent emne innafor fysikken idet en har en forståelse for den underliggende fraktale geometrien til attraktoren i faserommet, og en har teoretiske metoder som til en viss grad tillater en å gi et mål for "graden av kaos". Dette kaosbegrepet omfatter uregelmessig tidsmessig oppførsel av én eller noen få dynamiske variable.

Når det gjelder ordet turbulens, har en lett for bare å tenke på hydrodynamisk turbulens, slik som det uregelmessige kjølvannet til en båt i full fart. Dette kommer vel av at det er et fenomen som både har tekniske anvendelser og leder til betydelige tekniske vansker. Fenomenet er derfor blitt studert både teoretisk og eksperimentelt i over 100 år, fra pionéren Reynolds til Landau og Kolmogorov.

I de siste åras kaosboom har kaosforedrag gjerne begynt med noen ord om turbulens og billeder av uregelmessige skyformasjoner og havstrømmer. Så har foredragsholderen gått over til å se på den logistiske avbildningsformelen for seinere å hoppe til et billede av en "sær attraktor". Denne framstillinga er ikke helt riktig i og med at en ikke kan forvente at den turbulente oppførslen til jordas atmos- eller hydrosfære med sitt enorme antall romlige frihetsgrader kan forenkles ned til kaotisk oppførsel av noen få vari-

able og derved en lavdimensjonal attraktor. Begge fenomener inneholder naturligvis de samme ingredienser: uregelmessig, årsaksbestemt bevegelse og underliggende fraktale forhold. Lavdimensjonalt kaos og turbulens forholder seg til hverandre som beskrivelsen av en enkelt partikkel i et potensialfelt og feltteori som må brukes til å beskrive mangepartikkel- fenomener. Men så forskjellige disse forholdene enn kan synes, så er det klart at mange begreper og egenskaper som en har lært seg å bruke fra det enkle kaos, kan tas med i beskrivelsen av turbulensfenomener. Videre må en forvente at en også må utvikle helt nye begreper.

Foredraget til Tomas Bohr var en oversikt over hvordan en har prøvd å lage teoretiske modeller av den turbulente tilstanden i ulike medier. Bohr hadde en videre synsvinkel der han inkluderte alle slags fenomener som var tilstrekkelig uordnet både i tid og rom. Dette vil si at både uhomogene kjemiske reaksjoner og bevegelser på dynamiske grensesjikt ville tas med. Kaos i et lavdimensjonalt system kjennetegnes ved at en finner en positiv såkalt Lyapunov eksponent λ. Denne størrelsen er et mål for hvordan nærliggende tilstander i faserommet drives fra hverandre når systemet utvikler seg over tid. For de store systemene med mange frihetsgrader må en tilsvarende måtte innføre et stort antall positive Lyapunov eksponenter, λ_i, der antallet øker med størrelsen på systemet.

I den logistiske, ikke-linære avbildningen $f(x) = Rx(1-x)$ ligger alle ingredienser for kaotisk oppførsel når likninga itereres i tid. Ettersom R øker, går vi gjennom fenomener som periodedobling og forgaflinger ("bifurkasjoner") opp til en verdi R_C=3.5699456.. . Mellom R_C og R=4 vil systemet veksle mellom periodisk og kaotisk oppførsel. Med $R > 4$ får en kaos. En kan nå tenke seg et stort system delt opp i mindre enheter der en innafor småenhetene lar kaos utvikle seg etter en ikke-lineær likning, f.eks. den logistiske likninga. Deretter kan en kople slike mindre enheter sammen til å utgjøre hovedsystemet. Småenhetene vil måtte føle hvordan naboenhetene oppfører seg, og positive Lyapunov-eksponenter vil drive dem fra hverandre over tid.

La oss derfor tenke på et 2-dimensjonalt punktgitter med koordinater (i,j), der $i,j = 1,2,3,.....L$. Til hver gitterplass er tilordnet en dynamisk variabel $u_n(i,j)$ der n er et uttrykk for tida oppdelt i endelige enheter. En kan bygge opp en dynamisk likning

$$u_{n+1}(i,j) =$$

$$(1-\epsilon)\, f(u_n(i,j)) + (\epsilon/4) \sum_{i'j'} f(u_n(i',j'))$$

der (i',j') er nærmeste nabopunkter til (i,j).

La oss velge $f(x) = Rx(1-x)$ og iterere likninga i tid for ulike verdier av R. Antall punkter blir L x L og startverdiene for $u_n(i,j)$ kan velges som et støyspektrum. Et typisk øyeblikksbilde av en tilstand for et slikt system med $R = 3.5732$, $\epsilon = 0.4$ og $L = 30$ er vist i figur 3. Går vi fram ett steg i tid, vil bildet av tilstanden se helt annerledes ut; systemet er altså uordnet både i tid og rom slik som vi krevde. En kan videre differensiere likninga ovenfor og finne Lyapunov eksponenter i et antall L x L. Den største av disse λ_{max}, beskriver økningen av avstanden mellom enhetene i systemet, i analogi med det logistiske tilfellet. En finner at λ_{max} avhenger av L, se figur 4.

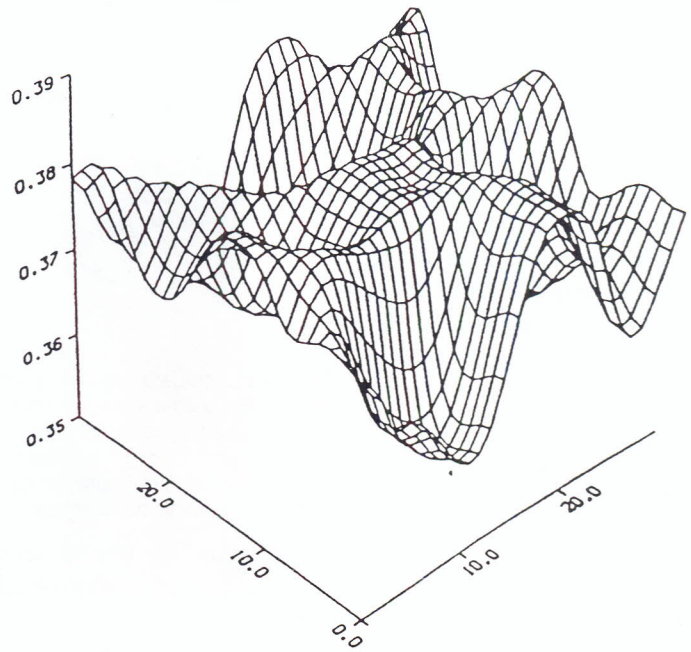


Fig.3. Viser en typisk tilstand for et koplet system av logistiske avbildninger der R=3,5732 og ϵ=0,4 i formelen i teksten.

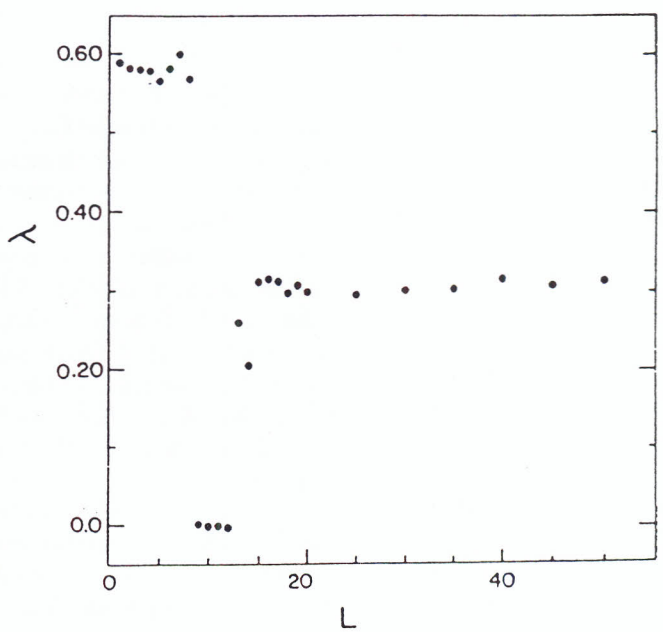


Fig.4. Viser det samme som i figur 3, men nå er R=3,6786 og ϵ=0,4.

La oss se bort fra systemene med de laveste dimensjonene. Av figur 2 ser en at ved $L = 9$ finner en det første ustabile systemet ($\lambda > 0$). Den sære attraktoren for kaos i det logistiske tilfellet har fraktale egenskaper. Den analoge attraktoren for turbulente systemer vil ha svært stor dimensjon, nærmest proporsjonal med systemets størrelse.

Kolmogorov teorien for fullt utviklet turbulens sier at hastighets fluktuasjonene i et gitt område øker med størrelsen av området i en potens 0.3. Dette fører f.eks. til at grensesjiktet mellom to media i turbulens etterhvert blir svært ujamt (tenk på en vannstråle inn i et kar med vann !) I Bohrs modeller finner en også potenslover for slike forhold, men verdien er forskjellig fra Kolmogorov.

Mange turbulente fenomener slik som Rayleigh - Benard konveksjon, kjemisk turbulens i spiraliserende reaksjonsoner (Beloussov - Zhabotinsky reaksjonen) og turbulente flekker (Jupiters flekk) kan alle modelleres ved hjelp av koplete avbildninger. En har også sett fase turbulens. Det er f.eks. konveksjonsruller som avløser hverandre i tid og rom på en kaotisk måte.

Positron annihilasjons spektrometri av faste stoffer.

Professor Pekka Hautojärvi (Helsinki Tekniske Høgskole) fortalte om hvordan positron-annihilasjon kan utnyttes til å undersøke defekter i metaller og halvledere. Positronet er elektronets antipartikkel. Nå et positron, e^+, og et elektron, e^-, kolliderer, omkommer begge i et lysblaff idet to γ-kvanter med energi 511 keV sendes samtidig ut i to stikk motsatte retninger.

Hvis koordinatsystemet for partiklenes felles tyngdepunkt beveger seg i forhold til målerommet, vil impulsbevaringslova føre til at γ-kvantene ikke sendes ut nøyaktig 180° i forhold til hverandre. I en vinkelkorrelasjonsoppstilling for γ-kvanter kan en måle dette lille avviket θ fra 180° og derved regne seg tilbake til tyngdepunktets bevegelseshastighet. Hvis en antar at positronet er bremset ned til hvilestilling før sammenstøtet, er θ et mål for elektronets impuls. Visse radioaktive stoffer, slik som ^{22}Na, kan brukes som kilde for positroner. Når dette atomet forfaller, sendes det samtidig ut et gammakvant på 1,28 MeV ("prompt gamma"). En kan måle tidspunktet for denne utsendelsen og derve få "fødselsøyeblikket" for positronet før det begynner å termaliseres og diffundere rundt i prøva som undersøkes. Hvis en derfor i tillegg måler tidsforløpet mellom "fødselsøyeblikket" og vinkelkorrelasjons-tidspunktet, har en et mål for hvor lenge positronet vandrer rundt i prøva før det annihilerer. Måleoppstillinga går fram av figur 5.

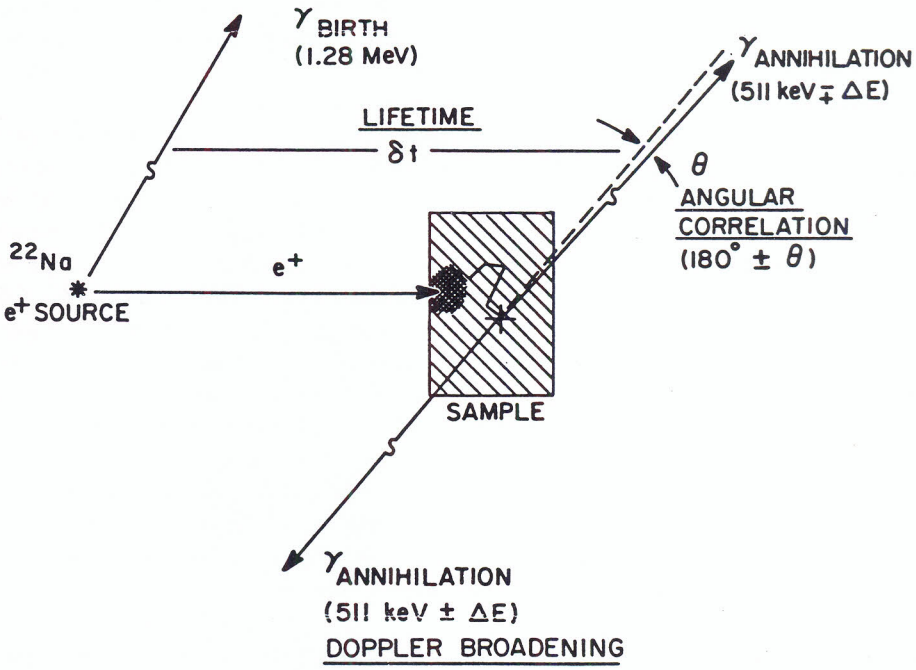


Fig.5. En ^{22}Na kilde sender ut positroner e^+ mot en prøve og samtidig et γ-kvant. Positronene modereres i prøva, diffunderer omkring og blir etter en tid innfanget av en gitterfeil. Der annihilerer de etter en viss tid. Annihilasjonskvantene sendes ut i nesten motsatte retninger. Fordelingsfunksjonen for avviksvinkelen θ vil gi informasjon om elektronenes impulsfordeling i prøva. Levetida finnes ved tidskorrelasjonsmålinger mellom det primære γ-kvantet og et annihilasjonskvant.

I utsendingsøyeblikket har positronene en energi på i middel 0.5 MeV. Det første som skjer er derfor at positronene blir termalisert ned til 3 $k_BT/2$ ved kollisjoner og eksitasjoner av elektron-hull par. Dette tar 1 psec, og positronet rekker å bevege seg en avstand d=10 - 100 μm. Den termiske diffusjonen ("virrevandring") tar så opp til 100 psec og L=1000Å. Før en kan bruke positronene som sonder, må en ha god greie på diffusjonskonstanten D^+ i prøva. De termaliserte positronene får derfor en karakteristisk levetid i prøva. Hvis prøva har en fordeling av krystallfeil, det mangler f.eks. ioner her og der i krystallgitteret, kan positronet bli fanget opp av en feil og bli liggende der en endelig tid. Levetida i prøva blir derved forlenget. Levetidsforlengelsen kan måles. En vil også kunne se at impulsfordelinga som vinkelen θ er et uttrykk for, blir smalere. Når en etterpå varmebehandler prøva slik at gitterfeil blir helet, vil en derfor se forskjell i levetid osv. Fysiske ting som konsentrasjonen og størrelsen av gitterfeilene vil begge influere måleresultatene. Andre feil kan føre til en avkorting av levetida for positronene.

Hautojärvi viste mange eksempler på interessante målinger som var utført med positronoppstillinga i Helsinki. Vi kan nevne virkningen av sammenhopning av gitterfeil, heling av feil og seinere gjenkomst av dem, dannelse av feil ved bestråling, dybde- eller profilmålinger av feil i GaAs. For halvledere er det etterhvert blitt mulig å studere gitterfeilkonsentrasjoner nær indre grenseflater med denne teknikken.

Vi kan nevne at Norge har en viss tradisjon innafor positron- annihilasjonsfeltet. Allerede i begynnelsen av 1950 åra drev professor Aadne Ore med teoretiske beregninger , og han har fått navnet sitt knyttet til det såkalte "Oregap". Seinere i 1950 åra bygde Georg Trumpy det første positron- annihilasjons spektrometret ved IFE, Kjeller, og han innførte teknikken også ved Danmarks

Tekniske Høyskole da han flyttet dit. Spektrometret ble seinere overtatt av J. Løvseth og deretter av P. Mijnarends. Den sistnevnte bygde seinere en ny og forbedret utgave av spektrometret i Petten, Holland.

Fraksjonell statistikk i faste stoffers fysikk

I et begeistret og engasjerende foredrag fortalte professor Finn Ravndal om de nye tankene om teoretiske partikler som verken adlyder Bose eller Fermi statistikk, de såkalte "anyons". Det var to norske fysikere, J.M. Leinaas og J. Myrheim, som i 1977 la fram de første ideér om slike muligheter. Henvisningslistene i de fleste artikler om dette starter gjerne med referanse til dette arbeidet. Egenskapene til slike partikler kan kanskje brukes til å forklare både den fraksjonelle kvante Hall effekten og høytemperatur supraledning. I begge disse tilfellene har vi å gjøre med ledningseffekter i to dimensjoner. I supraledertilfellet er det planene av kopper oksygen atomer som bærer superstrømmen.

La oss repetere litt kvantemekanikk. Den tilordner hvert system en kompleks bølgefunksjon, og fra den kan en avlede alle systemets egenskaper i form av sannsynligheter når en tar kvadratet av bølgefunksjonen. I det tre-dimensjonale tilfellet fins det to typer bølgefunksjoner: (i) - de som ved posisjonsombytte av to identiske partikler i systemet ikke endrer fortegn, og (ii) - de som bytter fortegn. De første oppfører seg i henhold til Bose - statistikk, mens de andre adlyder Fermi - statistikk. I det siste tilfellet kan ikke to partikler samtidig oppholde seg i samme kvantetilstand (Pauli prinsippet). Partikler med heltallig spinn (atomet ^{4}He, f.eks.) tilhører den første klassen, mens de med halvtallig spinn (elektroner og ^{3}He atomer) tilhører den andre.

Bose - Einstein:

$$\Psi(r_1, r_2) = +\Psi(r_2, r_1)$$

Fermi - Dirac:

$$\Psi(r_1, r_2) = -\Psi(r_2, r_1)$$

Leinaas og Myrheim prøver nå å sette

$$\Psi(r_1, r_2) = e^{i\theta}\Psi(r_2, r_1)$$

der spinnet $S = \theta/2\pi$ og fasen θ er fri til å anta alle mulige verdier.

For spesialtilfellene $\theta = 2\pi$ fås bosoner, og hvis $\theta = \pi$ fås fermioner.

Vi benyttet oss ovenfor av trickset med å bytte om posisjonene av to identiske partikler i bølgefunksjonen for systemet og så på fortegnsendringa. En dypere kvantemekanisk beregning, men helt ekvivalent utledning består i å ta hensyn til og summere opp sannsynlighetene for alle de (kronglete) veier som partiklene kan ta når de byttes om.

Vi skal ikke gå nærmere inn på de matematiske utledningene som Ravndal gikk i gjennom, men bare skissere det generelle bildet. I det siste tilfellet er det ikke nok bare å ta hensyn til sluttposisjonene av partiklene etter ombytte, men å integrere over hele forhistorien til det partikkelombyttet som har skjedd. Vi forstår derfor at topologien til det rommet som ombyttet finner sted i, vil spille en avgjørende rolle. En hindring på veien overkommes på en annen måte i et todimensjonalt rom enn i et tredimensjonalt: I to dimensjoner må en holde seg i planet, men en kan gå ut et endelig antall ganger rundt hindringa. Alle disse veiene er topologisk forskjellige. I tre dimensjoner vil disse veiene kunne føres kontinuerlig over i hverandre, og de er derfor topologisk like.

I tre dimensjoner fins det bare 2 vei-typer og derfor bare to mulige partikler (og statistikker !) - bosoner og fermioner. I to dimensjoner fins det mange flere vei-typer og derved mulighet for helt andre partikler og statistikker.

Parameteren θ ovenfor er knyttet til hvor mange ganger ombytteveien snurrer seg rundt en hindring i det todimensjonale planet. Dette har sammenheng med den matematiske behandlinga av spinn i to dimensjoner, og er også analogt med Aharonov - Bohm effekten der en "deler" en elektronbølge i to og lar den ene delen gå forbi et område med magnetisk felt for så å la de to "delene" samvirke. Faseendringen langs de to veiene gir opphav til interferensfenomener som er avhengig av måten elektronbølgen har passert feltområdet. En ser også sammenhengen med effekten av roterende koordinatsystemer.

Hvordan kan vi ut fra dette forklare høytemperatur supraledning ? I CuO_2 planene oppfører elektronene seg som en gass (eller væske), og ved høye magnetfelt og lave temperaturer er det mulig å få eksitasjoner i denne gassen. Eksitasjonsenergien kan tenkes kvantisert i "kvasipartikler" eller altså "anyons" . En finner videre at disse partiklene må bære en magnetisk fluks. Det neste avgjørende spørsmål er om en kan påvise at disse anyonene oppfører seg koherent slik at en får en makroskopisk kvantetilstand eller supraledning. En må da anta en tiltrekkende vekselvirkning mellom anyonene, altså opptak og utsending av virtuelle partikler. For de klassiske supralederne er det fononer som kopler elektronene sammen i 3 dimensjoner. Teoretikerne utfolder nå en livlig aktivitet for å beregne egenskapene til en slik todimensjonal gass for å se om en kan finne kondensasjonsfenomener.

Det var altså en variert meny av interessante og aktuelle oversiktsforedrag som deltakerne i Rondablikkmøtet fikk med seg.

Årets møte vil holdes fra 19 til 22 september, og vi håper å kunne presentere en like god meny for deltakerne. Meld dere på og følg med !

∞

Husk Kontingenten!

FFV gratulerer

Pris til forsker Alex Hansen

A/S Norsk Varekrigsforsikrings Fonds pris for yngre forskere 1991 er tildelt Alex Hansen, Ph.d. Alex Hansen er teoretisk fysiker, med hovedfag (1981) fra Universitetet i Oslo. Han har allerede flere utenlandsopphold ved prestisjetunge institusjoner bak seg, og har siden 1989 arbeidet ved Universitetet i Oslo. Han har allerede publisert over 60 arbeider, alt vesentlig innenfor området "Uordnet vekst og transportfenomener", som i større sammenhenger hører inn under moderne statistisk fysikk.

St. Olav til Arnfinn Graue

Professor, tidligere rektor ved Universitetet i Bergen, Arnfinn Graue, er nylig utnevnt til Kommandør av St. Olavs Orden. Denne utmerkelsen er gitt ham for hans innsats for norsk kjernefysikk, for Det norske universitetsråd, og for Universitetet i Bergen. I tillegg til sin faglige aktivitet har Graue hatt (og har) en rekke sentrale hverv i forskningsorganer, bl.a. er han for tiden formann i CERNs finanskomité.

FFV vil også gratulere

Tommy Øvergård og Erlend Østgård

, Universitetet i Trondheim, for deres teoretiske arbeide med kvarkstjerner, som har vakt berettiget stor oppsikt (Classical and Quantum Gravity, vol.**8**, p.L49). (i all beskjedenhet, se også FFV **2**, 1990). Deres beregninger viser at Universets tetteste materie, hittil trodd å være nøytronsjerner, kan bestå av en "kvarksuppe". Og utfordringen til observatører er klar: en pulsar med frekvens over 2000 Hz kan være en kvarkstjerne.

T.H. Johansen, Z.J.Yang, H. Bratsberg, G. Helgesen og A.T. Skjeltorp

, Lavtemperaturgruppen i Oslo, som også har vakt oppsikt ved sitt arbeide med høgtemperatur supraledere. I en artikkel i Journal of Applied Physics Letters (vol.**58**, 1991, p. 179) har de påvist at høg-temperatur supraledere har en mye høgere lateral stabilitet enn tidligere forutsagt. Dette har positive konsekvenser i arbeidet med å bruke supraledende materale til fysisk heving.

∞

Skriv i FFV

Trim i FFV

FFVT 2/91

Bergenske fysikere kjører alltid i forskjellige (konstante) hastigheter på landevegen, så sant det ikke er kø. Undervegs til fysikermøte i Trondheim kjører en gruppe på 13 bergenske fysikere av ferja i tilfeldig rekkefølge, og er deretter en tid ute av stand til å foreta forbikjøringer. Kødannelsen som derved oppstår avhenger naturligvis av i hvilken rekkefølge de kommer i land, men kan du angi det forventede (midlere) antall biler som *ikke* kjører i kø (dvs alene)?

Løsning FFVT 1/91

a) Til ære for oppgaveløserne hadde 200 fysikere stilt opp i 10 rekker og 20 kolonner. Av de korteste personene i hver kolonne var student S den lengste, og av de lengste personene i hver rekke var professor P den korteste. Spørsmålet var om en kunne si hvem var lengst av disse to.

La X stå i samme kolonne som S og i samme rekke som P. Siden S var den korteste i sin kolonne så er enten X S selv, eller så er X lengre enn S, og siden P var den lengste i sin rekke så er enten X identisk med P eller så er P lengre enn X. Når en ser bort fra muligheten av å være *både* professor og student er det altså sikkert at professor P er lengre enn student S.

b) Spørsmålet var om en springer kunne hoppe fra et hjørnefelt til det diagonalt motsatte ved å besøke hvert enkelt felt på sjakkbrettet presis én gang.

Svaret er nei. Springeren må gjøre 63 trekk for å være én gang på hvert felt. I hvert trekk går springeren fra et felt av én farge til et felt av motsatt farge. Etter 63 trekk har den derfor havnet på et felt av motsatt farge av startfeltet, og kan derfor ikke være kommet til det diagonaltstående hjørnefeltet som jo har samme farge som startfeltet.

∞

Bokkronikk

Andrej Sakharov: "Memoarer". Aschehoug 1990, 789 sider. Kr 298.

"Frihet og liv er ett". Sakharov - memoarene.

Da den tyske krigsmaskin smadret det lille, nøytrale Belgia under første verdenskrig, uttalte en forferdet omverden at historien nok ville felle en hard dom over denne ugjerningen. Men den seiersikre overfallsmann svarte hånlig: "Det er vi som skal skrive historien!". Sakharov-memoarene som nå foreligger, representerer derfor et viktig dokument som motvekt til offisiell sovjetpropaganda. Her taler et ærlig menneske og et modig menneske.

Den russiske stridsmannen Sakharov levde fra 21. mai 1921 til 14. desember 1989, da han som kjent døde av hjerteslag. I løpet av disse årene satte han vesentlige spor etter seg, både på sitt eget fagområde og mer vesentlig innenfor samfunnsdebatten i Sovjet. Biografien burde bli obligatorisk lesning for fysikere. Selv i dag er jo nemlig en majoritet av fysikere i destruktiv tjeneste og produserer effektive mordredskaper.

Den senere dissidenten Sakharov var heller ikke særlig kritisk til agitasjonen fra det bøddelregime han måtte tjene i sine mest skapende år. Han forteller at fysikerne mente å tjene en stor sak da de fremstilte hydrogenbombene. Propagandaen og myndighetenes løgner må ha vært sørgelig effektive. Fra fysikk-laboratoriene sine så fysikerne daglig kolonner av slavearbeidere. De kjente også til slaveleirene og de iskalde massegravene i Sibir. Omtrent alle hadde de kjente og kjære som ble rammet av terroren. Likevel identifiserte de regimet med folket. De utstyrte despotiet med våpen som sikret det mot ytre fiender. De indre motstandere tok det allmektige hemmelige politiet seg av.

Men Sakharov ble seg sitt ansvar bevisst. Han ble forferdet da de militære nærmest var likegyldige til å frakte bort sivilbefolkningen fra prøvesprengningsområdene. Senere ble han i klartekst at han hadde å smi våpen, men tie med sin tvil. Sakharov satte nemlig opp et regnestykke over hvor mange mennesker som ville dø av kreft på grunn av prøvesprengningene i atmosfæren. Det gjorde inntrykk på Sakharov, men ikke på generalene og KGB.

Disse bøddelknektene beslagla jo også enorme samfunnsressurser for å drive angiveri, spionere, overvåke og vokte på folket. I den siste halvdelen av den mektige biografien forteller Sakharov om den slitsomme kampen mot det æreløse KGB som forfølger og forfalsker. Et banalt eksempel på disse grove løgnene fant jeg selv under mitt forskningsopphold ved institutt for teoretisk fysikk Warsawa. I en bokhandel kom jeg over John Reeds klassiske øyenvitneskildring fra den russiske revolusjon. Men denne engelske versjonen var underlig tynn. Et blikk mellom permene ga forklaringen, Trotskij og de fleste av revolusjonsheltene manglet. De russiske astrofysikere jeg ble kjent med ved Nils Bohr-instituttet i København sa det omtrent slik: "Det er vanskelig å spå, i Russland især om fortiden".

Heldigvis har Sovjets nye leder gjort all marxisme til skamme. Gorbatsjov har sannelig vist at et enkelt individs holdning og beslutninger kan være helt avgjørende for den historiske prosess. Stalin og Khrusjtsjov holdt eksempelvis sine hender over sjarlatanen Lysenko, og den biologiske forskning i Sovjet ble primitiv. Sakharov har sitt og si om den affæren, og han tier heller ikke om hvordan Bajkal-sjøen ble ødelagt.

Av og til er det vitenskapsmannen som forklarer fysikk. Denne delen av biografien er nok den minst vellykkede. Stoffet er nok ukjent og vanskelig for legfolk. For spesialistene er det velkjent, og bare Sakharovs eget bidrag er interessant i denne forbindelse. Her nevner Sakharov også de kosmologiske arbeidene til min gode venn William Bonnor. I parentes undres han om den engelske forskeren kan være i slekt med hans kone, Jelena Bonner. Det kan jeg faktisk nå svare på. Jeg nevnte dette for Bill, og han svarte at det er meget usannsynlig, siden han kjenner sin slekt helt tilbake til 1600-tallet, og den er helt og holdent engelsk

Vitenskapsfolkene i Sovjet måtte arbeide under skremmende forhold. Sakharov gir oss sannelig en klar forståelse av dette. Selv den eventyrlige Landau og den grundige Fock havnet i klørne til det blodtørstige politi. Men den listige eksperimentalfysikeren Kapitsa greide å befri sine venner fra dette djevelske maskineriet. En undres om denne erfaringen førte til at Fock siden sikret seg ved å rose Lenin i verket sitt om gravitasjonsteori. I alle fall står det der et par underlig malplasserte setninger om "Empiriokritisismen". Den boka må vel sies å representere saklig lavmål, selv for en politiker av Lenins kaliber.

Sakharov har heller ikke mye til overs for holdningen til sin avdøde kollega, Yakov Zel'dovitsj. Det var nytt for meg at Zel'dovitsj også var så involvert med framstillingen av kjernevåpen. Men jeg visste godt at han var en av verdens fremste fysikere. Jeg leste nemlig boka hans om "Stjerner og Relativitet" da jeg selv fikk besøke dødens forgård. Da jeg var gjesteforsker i Polen lå jeg altså 14 dager med giktfeber på sykehus i Warsawa og trøstet meg med dette verket på mer enn 500 sider. Men når sant skal sies, så bidro vel de daglige besøkene til hun som ble min hustru, mer enn Zel'dovitsj til min raske bedring.

Sakharov mener altså at vi fysikere ikke skal være så villige til å selge sjelen vår, selv om vi da kan sikre oss muligheten til drive fin og stor grunnforskning. Selv fikk han under sin mest skapende periode aldri anledning til å reise ut for å møte vitenskapsfolk med samme interesse. Jeg minnes igjen en spøk fra unntakstilstanden i Polen: Myndighetene vil gi enhver polakk sitt eget pass. Men det er to betingelser knyttet til: 1) En må være mer enn åtti år. 2) En må ha tillatelse fra foreldrene.

Den russiske revolusjon er kanskje den mest betydningsfulle hendelse i vårt århundre. Den ga det høyeste håp og de mest gyldne løfter. Stalinismen avslørte seg som det råeste og mest hensynsløse undertrykkelsesregime i menneskehetens historie. Sakharov fødtes da dette tyranniet kom til makten, og han kjempet mot det med et enkelt individs små midler. Nå går den totalitære staten i øst i oppløsning, og Sakharov er heller ikke lenger blant oss.

Henning Knutsen

∞

Bokomtaler

I. R. Kenyon: "General Relativity". Oxford Science Publ. (1990) 234 s.

Det er seksti år siden en journalist sa til Eddington: "I have heard that only three persons do understand the general theory of relativity." "Oh," said Eddington, "who is the third?"

Siden den gang er det publisert flere tusen artikler om generell relativitetsteori (GR) og over hundre bøker. I dag har de fleste større universiteter både 1. avdelingskurs og hovedfagskurs i GR.

I min bokhylle har jeg et halvt dusin lærebøker om GR beregnet på 2. eller 3. års fysikk-studenter. Kenyons bok hører med i denne gruppen. Til tross for at denne boken kanskje ikke er den beste av dem, vil jeg likevel ønske den velkommen - av to grunner.

For det første er Kenyon grundig og instruktiv i sin behandling av eksperimentelle tester av GR. Riktignok er det mange eksperimenter som ikke nevnes, f.eks. Hafele-Keating eksperimentet, men de som tas med, er godt omtalt.

For det andre har Kenyon fått med endel av de meget aktive 80 - årenes gravitasjonsforskning, slik som inflasjonskosmologi, studier av gravitasjonslinser, arbeidet med å detektere gravitasjonsbølger, observasjoner av dobbeltstjerner, og utforsking av ulike modeller for å oppnå en enhetlig teori for de fundamentale kreftene. I denne sammenheng nevnes hvordan GR formulert i fem tid-rom dimensjoner gir en geometrisk, forenet teori for elektromagnetisme og gravitasjon. Boken avsluttes med en kort omtale av supersymmetrisk strengeteori.

Kenyons bok inneholder 12 kapitler. I kap. 1 gis en oversikt over bokens innhold og et resymé av spesiell relativitetsteori på to og en halv side.

Kap.2 har tittelen "ekvivalensprinsippet". Det gis flere formuleringer, bl.a.: "*Physics is the same (as that of special relativity) in all freely falling frames.*" Kenyon gir her en fin innføring i hvordan ekvivalensprinsippets gyldighet har vært undersøkt eksperimentelt.

I kap. 3 gir Kenyon en innføring i beskrivelsen av krumningen til to - dimensjonale flater. I denne sammenheng omtales hvordan "Pytagoreren" på infinitesimal form, uttrykt i Kartesiske koordinater,

$$ds^2 = dx^2 + dy^2,$$

generaliseres til et allminnelig 2.grads utrykk,

$$ds^2 = g_{11}dv^2 + 2g_{12}dvdw + g_{22}dw^2$$

i vilkårlige koordinater (v, w).

Kenyon definerer: "*Riemann spaces are distinguished by having metric equations that are quadratic in the coordinate separations*", og skriver videre "*Because a flat tangent space can always be drawn locally to any point in a Riemann space, Riemann spaces are said to be locally flat (or locally Euclidean)*". Det ville ha vært bedre å skrive at flaten er glatt. For på samme måten som en sirkel er krum over alt, så er også en kuleflate krum over alt. Og dersom ordet "lokalt" i utsagnet ovenfor betyr at området er så lite at krumningen ikke kan måles, så reduseres det til en tautologi.

Forøvrig inneholder kapitlet et delikat avsnitt om hvordan todimensjonale vesener på en flate kan måle flatens krumning. Kenyon gir også en meget enkel utledning av likningen for geodetisk avvik.

Etter et lite kapittel om tid-rom krumning, der bl.a. Schwarzschild-metrikken omtales, gir Kenyon en formell introduksjon til GR, med tensor - regning, i kapitlene 5, 6 og 7. Siden boken er beregnet på 1. avdelingsstudenter kan det synes naturlig at det ikke gjøres bruk av differensialformer. Personlig ville jeg likevel introdusert differensialformer i en bok som inneholder såpass mye tensor-regning som Kenyons, bl.a. fordi det fører til vesentlig enklere beregninger av komponentene til Einsteins krumningstensor.

Et forhold jeg betrakter som en svakhet ved presentasjonen, er at hans bok, lik nesten alle lærebøkene i GR fra før 1970, introduserer en formalisme som kun gjelder med koordinatbasisvektorer. F.eks. tillater ikke formalismen i Kenyons bok at tensorfeltene dekomponeres i forhold til et ortonormalt basisvektorfelt med strukturkoeffisienter forskjellige fra null. Etter min oppfatning vil ekstraarbeidet ved å lære seg den mer generelle formalismen som tillater bruk av ortonormale basisvektorfelter, mer enn oppveies av gevinsten m.h.t. en klar fysisk tolkning, der resultatene ikke maskeres av koordinateffekter.

I kap. 8 gis en grei innføring i hvordan GR er testet ved målinger, og det vises hvilke beregninger disse testene er basert på.

Sorte hull er emnet for kap.9. Her er et par uheldige formuleringer. Det sies at Schwarzschild-metrikken beskriver tidrommet også innenfor horisonten til et sort hull. Men Schwarzschild - metrikken er knyttet til koordinatene i et statisk referansesystem, som bare kan eksistere utenfor horisonten. For å kunne forlenge beskrivelsen til området innenfor horisonten, må det innføres koordinater knyttet til et referansesystem som faller gjennom horisonten.

Videre omtaler Kenyon Oppenheimer - Volkoff likningen som en likning for perfekt væske i fritt fall, mens den i virkeligheten er den relativistiske likningen for en sfærisk symmetrisk væske i statisk likevekt.

Kapittel 10 behandler gravitasjonsstråling. Dette er bokens mest tekniske og tyngste kapittel.

Kapittel 11 dreier seg om kosmologi. Først omtales universets observerte egenskaper. I denne sammenhengen nevnes blant annet den kosmiske bakgrunnsstrålingen, og Kenyon skriver: "This radiation identifies a preferred frame and so contradicts the inference often made from special relativity that no frame is preferred". Kenyon går videre uten å forklare nærmere hva han mener. Hvis utsagnet er ment slik at eksistensen av den kosmiske bakgrunnsstrålingen representerer en referanse (en 'eter') i absolutt ro og dermed etablerer eksistensen av absolutt hastighet, så er det misvisende. Vår hastighet i forhold til den kosmiske bakgrunnsstrålingen er en relativ hastighet. Den kan ikke observeres ved hjelp av målinger i et lukket laboratorium.

I omtalen av isotrope og homogene universmodeller skriver Kenyon: "*Mach's priciple in one form states that the distribution of matter in the Universe is responsible for inertial effects. This has a natural explanation within the framework of the Robertson-Walker model. Distant matter in the form of the distant galaxies provides a reference frame that is simply the comoving frame. This is why, for example, a Fouceault pendulum at the pole swings in a plane*

that is fixed with respect to the distant galaxies".

Dette er ingen forklaring, kun en konstatering av at Fouceault-pendelens bevegelse er i overensstemmelse med formuleringen av Mach's prinsipp gitt ovenfor. En forklaring bør gi svar på hvorledes Fouceault-pendelen 'vet' hvordan den skal bevege seg. GR inneholder virkelig en slik mekanisme, nemlig Lense - Thirring effekten: at en roterende masse generer et gravitasjonsfelt som drar et testlegeme med seg i rotasjonens retning.

Kenyon gir forøvrig en oversiktlig omtale av ulike universmodeller, og av den fysiske utvikling i det tidlige univers.

I det avsluttende kapitlet, "The path to quantum gravity" finner vi blant annet en interessant tolkning av Planck skalaen.

Boken har også med en omtale av Olbers paradoks, eller spørsmålet om hvorfor det er mørkt om natten. I gamle dager, med fiksstjerner i et uforanderlig univers, var dette et problem, for uansett i hvilken retning man så, burde blikket treffe en stjerne. Kenyon forklarer hvordan 'Olber's paradoks' løses ved at stjernene og galaksene bare har levd en begrenset tid, så det er ikke stjerner i alle himmelretninger.

Henrik Wergeland visste det, - og nattemørket forteller oss det: Ung må verden ennu være .... .

Øyvind Grøn

∞

Hva skjer

ESRF veks fram

Dei siste tjue åra har det vakse fram ei rekkje synkrotronstrålingsanlegg i verda. Til denne tid har dette vore nasjonale anlegg. ESRF, det europeiske anlegget, er det første fleirnasjonale prosjektet av denne typen. Tolv land er med: Frankrike, Italia, Spania, Storbritannia, Sveits, Tyskland; Belgia og Nederland (Benesync); Danmark, Finland, Noreg og Sverige (Nordsync). Det nordiske konsortiet (Nordsync) har ein felles rådsdelegasjon der formannsvervet går på omgang.

Nordsync ber 4% av drifts - og anleggsutgiftene, dei tilsvarande tala for Frankrike er 27,5 % og 33 %. Dei høge tala for Frankrike kjem av at anlegget, etter mykje strid, vart plassert i Grenoble. For 1991 betalar Noreg 2,8 mill. FF i medlemskontingent, denne kontingenten vil minke etter at første anleggsfasen er over i 1994.

Nokre tekniske data for anlegget er gjevne i ein tidlegare artikkel i dette bladet (FFV nr. 2, 1990). Maskinen har tre hovuddelar: ein lineærakselerator, ein synkrotron og ein lagringsring. I desse blir elektronane produserte, akselererte og lagra. Frå lagringsringen kan ein ta ut tangensielle strålar av relativt hard røntgenstråling i keV- området. Dette er mogeleg når elektronenergien er så høg som 6 GeV. For dei fleste nasjonale anlegga ligg energien i området 1-2 GeV, det er optimalt for mjuk røntgen og ultrafiolett stråling.

På bildet På framsida av dette bladet ser ein korleis anlegget vil ta seg ut om 2-3 års tid. Ein ser den store lagringsringen. Innafor denne ligg lineærakseleratoren og synkrotronen. Dei lyse bygningane til venstre er Institut Laue-Langevin, den britisk-franske-tyske forskningsreaktoren. Dei andre bygningane inneheld kontor, laboratoria og tekniske anlegg for ESRF. Eit bygg er felles med ILL og inneheld m.a. restaurant og bibliotek.

Korleis er det i dag og korleis er framdrifta? Det første arbeidet på tomta tok til i 1989. I førstninga av 1991 var nokre av dei tekniske bygga ferdige og tekne i bruk. Linacen er under montering, og i mai vil ein 200 MeV elektronstråle vere klar til å kunne gå inn i synkrotronen. I løpet av året vil synkrotronen bli montert og testa, og det meste av lagringsringen vil vere ferdig. Etter prosjektplanen skal den første strålen gå i lagringsringen i 1992, maskinen skal verte overlevert i 1993 og dei første eksperimenta skal vere i gang i 1994. I dag ser det ut for at ein faktisk ligg føre denne planen, slik at forskingsaktiviteten kan kome igang alt i andre halvår 1993.

Ved full drift skal ESRF ha ein arbeidsstokk på 430, av desse er vel 170 forskarar og høgre funksjonærar. Omlag halvparten av desse er tilsette til denne tid. Det har vist seg å vere vanskeleg å få andre enn franskmenn til å ta seg arbeid i dei lågare lønskategoriane. Nordsync betalar 4% av utgiftene, men har meir enn sin "kvote" av personell i høgre lønskategoriar og av tekniske leveransar.

Synkrontronstrålane utmerkjer seg ved god fokusering og høg intensitet av den primære røntgenstrålen. Hovudproblemet er å ta vare på desse eigenskapane heilt ut til der eksperimentet blir utført, kanskje meir enn 50 meter unna. Strålen har ei utstrekning på 0,1 mm og ein divergens på 1 μ radian, og er sterk nok til å smelte dei fleste materiala. Dei optiske elementa (spaltar, spegl, krystallar) må kunne stå mot denne energistraumen utan å smelte eller vri på seg, og utan at ein taper for mykje av dei ønskte fotonane. Dette problemet er nyleg løyst av ei prosjektgruppe ved ESFR, ved bruken av "kald optikk", der kjøling ved flytande nitrogen er ein viktig del.

Lagringsringen har 32 rette strekningar, kvar på 6 meter, med avbøyningsmagnetar mellom. Strålar kan takast ut i portar på bøyemagnetane, eller ved avgreining frå dei rette strekningane. Det siste skjer ved hjelp av bølgjefeltmagnetar som vert kalla undulatorar eller skakarar (whigglers), alt etter styrken og forma på feltet. I første fasen av prosjektet vil ein ha 18 eksperimentoppstillingar for felles bruk, sjå tabellen. Før 1999 er slutt, vil dette talet ha kome opp i 30. I tillegg kjem nokre oppstillingar ved bøyemagnetportane som nokre av medlemslanda har abonnert på. Noreg har gått saman med Sveits om ei slik oppstilling.

Professor Frode Mo ved NTH har vore hovudmannen frå norsk side i det sveitsisk-norske prosjektet som enno er på planleggingsstadiet. Det er Trondheims-miljøet som til denne tid har kome best igang med å utnytte eksisterande synkrotronanlegg i Eng-

First set of 18 ESRF beam lines - January 1991

Beam line	*Scientific areas*
1. Microfocus	Micro-diffraction, Small angle scattering High pressure
2. Multipole Wiggler/ Materials Science	Small molecule crystallography Magnetic scattering
3. Multipole Wiggler/ Biology	Macromolecular crystallography Laue and monochromatic modes. High Pressure Energy Dispersive studies
4. High-Flux Beam line	Real time small angle scattering Monochromatic protein crystallography
5. High Energy X-ray scattering	Gamma-ray diffraction, Small angle scattering, Compton scattering
6. Circular Polarization	Dichroism in EXAFS, SEXAFS, Spindependent photoemission, Microscopy at 2.5 keV
7. Surface diffraction	Surface structural studies, Phase transitions, Growth mechanisms, Liquid surface diffraction
8. Dispersive EXAFS	Time-resolved structural studies
9. Undulator (Open Beam line)	
10. Bending Magnet (Open Beam line)	
11. Mössbauer/ High resolution inelastic	Nuclear Bragg scattering, High resolution (5-100 meV) Inelastic scattering at 0-5 eV, energy transfer; electronic and vibrational excitations
12. Asymmetric Wiggler Beam line	Magnetic scattering
13. Surface science	SEXAFS and Standing Waves techniques
14. High-Energy Wiggler	Microtomography; possibly Angiography
15. Powder Diffraction	Powder diffraction for structure determination
16. Wiggler Long Beam line (75 m)	Topography (possibly 2nd Laue station)
17. Anomalous Scattering Beam line	Anomalous scattering
18. EXAFS	2 EXAFS stations

land, USA og andre stader. NAVF sitt materialforskingsutval rår over eit følgjeforskingsbudsjett på 1,5 mill. i 1991. Dette går til stipend og prosjektreiser. I budsjettframlegget for 1992 går RNF inn for ei dobling av denne posten. Dette viser klart at utnytting av synkrotronstråling har høg prioritet, og er i samsvar med den vekst og vekt denne metoden har innanfor materialforskinga.

Tormod Riste

∞

RONDABLIKKMØTET 1991

Vi minner igjen om: I år vil seminaret i kondenserte fasers fysikk og kjemi finne sted fra 19. til 22. september på Rondablikk Høyfjellshotell. Vi har invitert fire foredragsholdere til å holde oversiktsforedrag: A. Mackintosh, Universitetet i København, vil fortelle om de sjeldne jordarter og deres merkelige magnetiske strukturer, I. Steensgaard, Universitetet i Aarhus, om tunnelelektron mikroskopi, K. Fossheim, NTH, ser på hvor høytemperatur superledning står etter 5 års forskning og O. Lohne, SINTEF-NTH, vil ta for seg grenseområdet mellom fysikk og metallurgi. Dessuten er en time ledig for IBM-prisvinneren i faststoffysikk.

Meld dere på da vel!

Studer
FYSIKK

Nytt fra NFS

Nye medlemmer tatt opp på styremøtet 11. februar 1991:

Stipendiat Vidar Frette
Fysisk Institutt
Universitetet i Oslo
Boks 1048 Blindern
0316 Oslo 3

Student Bente Fredriksen
Fysisk Institutt
AVH
7055 Dragvoll

Stipendiat Cecilia Marie Futsaether
Fysisk Institutt
AVH
7055 Dragvoll

Stipendiat Bjarte Kileng
Fysisk Institutt
Universitetet i Bergen
Allegt 55
5007 Bergen

Student Jorunn Lein
Fysisk Institutt
AVH
7055 Dragvoll

Stipendiat Ivar Linderud
Institutt for Fysikk
NTH
7034 Trondheim-NTH

Forsker Ketil Gorm Paulsen
Byggforsk
Boks 123 Blindern
0313 Oslo 3

Student Eirik Rø
Fysisk Institutt
AVH
7055 Dragvoll

Student Dag Chun Standnes
Rogertsgt 1
7016 Trondheim

Nye medlemmer tatt opp på styremøtet 6. mai 1991:

Cand.Scient. Knut Bjørkvoll
Fysisk Institutt
Universitetet i Bergen
Allegt. 55
5014 Bergen-U

Siv.Ing. Ole Gyth Dahl
Bauneveien 12
1182 Oslo 11

Siv.Ing. Kjersti Karlsen
Norsk Elektro Optikk A/S
Postboks 17
2001 Lillestrøm

Siv.Ing. Bente Dybvik
Duberget 3A
4033 Forus

Ole Martin Grimsrud
NTUB
Høgskoleringen 1
7034 Trondheim-NTH

Siv.Ing. Harald Hauglin
Frode Rinnans Vei 69
7035 Trondheim

Student Håkon Himle
Fysisk Institutt - KV 212
Universitetet i Oslo
Boks 1048 Blindern
3016 Oslo 3

Cand.Scient. Anne Holt
Fysisk Institutt
Universitetet i Oslo
Boks 1048 Blindern
0316 Oslo 3

Student Heidi Anette Hovland
Fysisk Institutt
Universitetet i Bergen
Allegt. 55
5014 Bergen-U

Student Alf Kirkevåg
Fysisk Institutt
UNIT / AVH
7055 Dragvoll

Cand. Scient. Ørjan Grøttem Martinsen
Bioteknologisenteret
Gaustadalleen 21
0371 Oslo 3

Forsker Eldri Naadland
Statens Institutt For Strålehygiene
Postboks 55
1345 Østerås

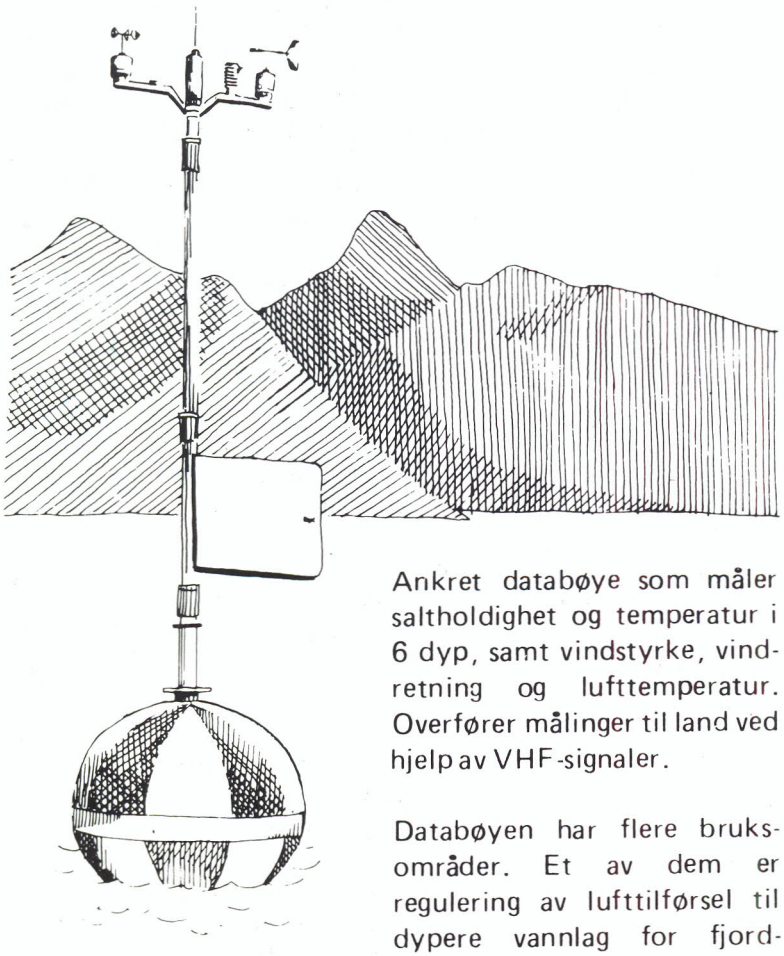
Student Espen Torvund
Suhmsgt. 12A
0362 Oslo 3

Student Kristin Budahl Valle
Nordlysobservatoriet
Boks 953
9001 Tromsø

Cand.Scient. Jon Børre Ørbæk
Fysisk Institutt
Universitetet i Oslo
Postboks 1048 Blindern
0316 Oslo 3

∞

FJORDOVERVÅKNING



Ankret databøye som måler saltholdighet og temperatur i 6 dyp, samt vindstyrke, vindretning og lufttemperatur. Overfører målinger til land ved hjelp av VHF-signaler.

Databøyen har flere bruksområder. Et av dem er regulering av lufttilførsel til dypere vannlag for fjordforbedring.

MADE BY

AANDERAA INSTRUMENTS

Fanaveien 13B
5050 Bergen, Norway
Tlf. (05) 13 25 00.Telex 40049

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Thormod Henriksen,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Visepresident:
Førsteamanuensis Johan Stadsnes,
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Styremedlemmer:
Førsteamanuensis Egil Leer,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.
Professor Haakon A. Olsen,
Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim/AVH.
Amanuensis Marianne Foss,
Institutt for Matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.

Selskapets sekretær:
Gerd Jarrett,
Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller.
Tlf.:(06) 80 60 75
Fax.:(06) 81 09 20
Postgirokonto: 5 88 38 89.
Bankgirokonto: 5102.09.58344.

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Førsteamanuensis Øivin Holter,
Førsteamanuensis Finn Ingebretsen,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Redaksjonskomité:
Førsteamanuensis Noralv Bjørnå,
Institutt for matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup,
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer,
Fysisk institutt, NTH, Universitetet i Trondheim.
Førsteamanuensis Egil Leer,
Astrofysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt,
Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern,
0316 Oslo 3.
Tlf.:(02) 45 64 28
Fax.:(02) 45 64 22
Email:
holter@master.uio.no
finni@master.uio.no

Fra Fysikkens Verden utkommer fire ganger årlig. Abonnement kan tegnes direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 90,-. Studenter og skoleelever kr.45,-. Løssalg kr. 30.- pr. nummer.

Postgirokonto: 0807 5 10 47 24
Bankgirokonto: 6094.05.40227