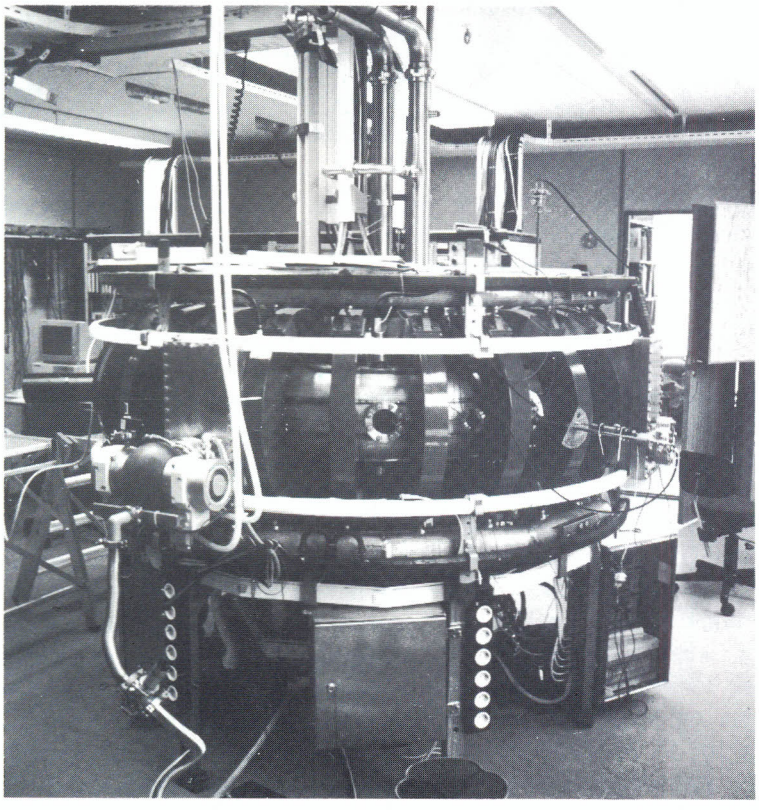
Fra Fysikkens Verden



Plasmamaskinen Blaamann ved Universitetet i Tromsø. Se artikkel.

Nr. 4 – 1991
53. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Innhold

Hans Pécseli:
Plasmafysikk 86

T. Riste
Den Internasjonale Tsjernobyl-rapporten 92

Bjørn Landmark:
Romrelatert undervisning 94

Olav Steinsvoll:
Rondablikk 1991 96

Jan Erik Nordtvedt og Per Vold:
Forstår fysikkelever i skolen elektriske kretser? 98

Fra Redaktørene 82
Nye Doktorander 82
Dr.Scient. Svein Erik Næss
Dr.Scient. Lasse Amundsen
Dr.Scient. Tommy Øvergård
Dr.Scient. Åshild Bergh Nilssen
Dr.Scient. Trine Spestad Tveter
In Memoriam: Birger Stølan 84
FFV Gratulerer 85
Trim i FFV 101
Bokanmeldelser 104
Hva skjer 105
Nytt fra NFS 105
Nye medlemmer
Norsk Fysikkråd 106
Årsberetning 1990
Kommentar til Grøholt

ISSN-0015-9247

Fra redaktørene

De siste uker før jul har vært preget av Nobelprisens 90-årsjubileum. I forbindelse med jubiléet hadde langt over hundre tidligere prisvinnere sagt seg villige til å besøke Nordens universiteter.

Innen fysikk kunne vi glede oss over at ialt 11 tidligere nobelpisvinnere besøkte hhv. Bergen (W. Paul, J. Cronin), Oslo (I. Giæver, T.D. Lee, J. Steinberger, A. Müller, A. Salam), Trondheim (M. Blombergen, H.A. Hauptmann, S. Weinberg) og Tromsø (A. Hewish). Vårt ubetingede inntrykk er at det virker inspirerende når personer av denne kaliber kommer på besøk og med sin faglige tyngde og personlighet både gir forelesninger og deltar i faglige samtaler og symposier.

Disse besøk understreker også vår tilknytning til det store internasjonale nettverk som bringer ny erkjennelse innen denne viktige del av vår kultur. På denne bakgrunn kan man gjøre seg noen refleksjoner om norsk fysikk og dens faglige tradisjoner.

Det er ikke mange norske fysikere som er blitt nobelprisens ære til del, og de få utvalgte har gjort sine arbeider i andre land. Det understrekes i mange sammenhenger at Norge er et lite land. Vi føler imidlertid at det ikke bare er landets størrelse som er et problem, men også den relativt korte tradisjon vi har innen naturvitenskap i det hele.

Vi besøkte nylig det svenske vitenskapsakademiet i forbindelse med et nordisk redaktørmøte og fikk anledning til å besiktige rommet der avgjørelsene om fysikkprisen fattes. De gamle, tradisjonsrike møblene, atmosfæren og alle de malte portretter av kjente vitenskapsfolk (menn, tross pudderparykkene) fra flere hundre år tilbake forteller oss også noe om Norge. Vi har vært en utkantprovins i lange tider. Det å bygge opp en faglig tradisjon som virkelig nedfeller seg i landets kultur er noe vi ikke har vært forunt, dertil kom vi for sent på banen.

Dette har konsekvenser for fagets stilling og betydning. At fysikk er en vesentlig kulturfaktor er i praksis ikke erkjent i vårt land. Vårt ubeskjedne jule- og nyttårsønske vil derfor være at den kulturelle betydning av fysikk og naturvitenskap i allminnelighet i økende grad vil prege nasjonens bevissthet.

∞

Nye doktorander

Svein Erik Næss

Cand. real. Svein Erik Næss forsvarte 19.3. dr.scient- avhandligen *The Effect of Processing on the Anisotropic Properties of Hot- and Cold-rolled Al-Mg-Mn Alloy Sheet.* Undersøkelsene er utført ved SI, Hydro Aluminium og SINTEF, under delvis permisjon fra Hydro.

Få fenomen i materialfysikken er så innfløkt som utviklingen av mikrostrukturer under termomekaniske behandling av metaller. Framstillingen av tynnplater av aluminiumlegeringer er et eksempel: ved varmvalsing og kaldvalsing skal tykkelsen reduseres til nær en tusendel av den opprinnelige, mens temperaturen varierer mellom 5-600° og romtemperatur. Strukturen endres kontinuerlig: defekter dannes, omdannes og forsvinner; nye korn oppstår ved kimdanning og vekst. Valseteknologi i praksis er krevende: "Aluminiumburken är högteknologi", som det svenske fagtidsskriftet Bergsmannen skrev for et par år siden. En viktig side er å kontrollere teksturen, altså orienteringstatistikken for krystallgitret i metallkornene - den bør være så isotrop som mulig for å oppnå gode formingsegenskaper.

Næss har kunnet bygge på et avansert norsk miljø innen studier av rekrystallisasjon og kornvekst - og på egen erfaring fra SI og Holmestrand. Ved hjelp av røntgendiffraksjon, optisk mikroskopi og scanningmikroskopi har han satt sammen et detaljert bilde av kornstrukturens utvikling. Fra en anisotropi og inhomogen deformasjonstruktur kimdannes nye krystaller med bestemte orienteringer, de vokser med ulik hastighet i forskjellige retninger. Et sett av mekanismer opptrer på forskjellige trinn i prosessen, avhengig av temperatur, sammensetning og deformasjonsgrad. Avhandlingen er eksempel på den grundighet og detaljering i karakterisering og teoretiske modeller som kreves for å forstå sentrale fysikalsk-metallurgiske prosesser.

Svein Erik Næss er ansatt ved Hydro Aluminium, Karmøy Fabrikker og Holmestrand Fabrikker.

Lasse Amundsen

Cand.real. Lasse Amundsen forsvarte 19. april 1991 sin avhandling *Acoustic Inversion of Seismic Data* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Trondheim.

Målsettingen med seismisk inversjon er å estimere hastighet og tetthet i geologiske strukturer ut fra seismiske data. Hastighet og tetthet inngår som fysisk parametre i differensiallikninger som beskriver hvordan bølgefelt generert av seismiske kilder forplanter seg i jordas indre. Ved å måle det bølgefelt som reflekteres tilbake til overflaten eller passerer gjennom et borehull, kan dette brukes som en grenseverdi til å estimere de fysiske parametre i det medium som det målte bølgefelt har "belyst".

I doktorgradsarbeidet har Amundsen utviklet numeriske algoritmer til dette formål. Beregningene er numerisk intensive og må utføres ved bruk av supercomputere, som Cray.

Lasse Amundsen er forsker ved Institutt for kontinentalsokkelundersøkelser og petroleumsteknologi A/S (IKU).

Tommy Øvergård

Cand.scient. Tommy Øvergård forsvarte 8. november en avhandling *Quark Matter in Compact Stars* for graden dr.scient. ved Universitetet i Trondheim, Den Allmennvitenskapelige Høgskolen (AVH).

I avhandlingen, som er utført ved Fysisk institutt, AVH, presenterer Øvergård beregninger av masse, radius, treghetsmoment og gravitasjonsrødforskyvning for forskjellige foreslåtte modeller for kvarkstjerner. Resultatene for bag-modell tilstandslikninger viser liten forskjell fra tilsvarende beregninger for modeller av nøytronstjerner. Roterende nøytronstjerner er den generelt aksepterte interpretasjon av de observerte pulsarene i universet.

Den flate tetthetsfordelingen i en kvarkstjerne antyder at kvarkstjernen kan rotere ekstremt raskt uten å sprenges av sentrifugalkraften.

Øvergårds beregninger antyder videre en mulighet for at pulsarene kan være hybride stjerner, dvs. nøytronstjerner med et kjerneområde bestående av kvarkmaterie. En populærfremstilling av arbeidet er tidliger trykket i FFV no.2, 1990.

Åshild Bergh Nilssen

Cand.real. Åshild Bergh Nilssen, Fysisk Institutt, AVH. forsvarte den 30. august sin avhandling *Simulations and measurements of physical properties of underwater acoustic transducers using the ANSYS FEM programme and the ESPI method* for dr.scient-graden.

I arbeidet har teoretiske simuleringer ved hjelp av et spesielt elementmetodeprogram ANSYS blitt brukt for å beregne egenskaper hos transdusere, som blir brukt i undervannsakustikken for å sende ut eller registrere lydbølger. For mer kompliserte sendere/mottakere har en versjon av ANSYS blitt implementert og brukt på CRAY-X-MP maskinen ved RUNIT i Trondheim.

En eksperimentell TV-holografi metode ("ESFI") er videre blitt brukt for å måle amplitude og fasefordeling over transduserne, samt for kalibrering. I dag er TV-holografi den eneste målemetoden som i sann tid kan registrere svingninger av den dimensjon som er aktuell for undervannsakustiske transdusere.

Metodene er også blitt brukt for å beregne egenskapene for enkeltelementer som sitter i en rekke i en transduser. Enkeltelementene kopler til hverandre avhengig av de fysiske parametrene i transdusersystemet.

Arbeidet er utført ved SIMRAD Subsea A/S, der også transduserne er bygget, og ved Institutt for anvendt fysikk, NTH i samarbeid med dr. ing. Svein Ellingsrud.

Trine Spedstad Tveter

Trine Spedstad Tveter forsvarte den 3. desember 1991 sin avhandling *Spectroscopy of Heated Deformed Rare Earth Nuclei* for dr.scient. graden.

Et sentralt tema i avhandlingen er hvordan selve kjernestoffet oppfører seg når det varmes opp til temperaturer på flere milliarder grader. Man tror at kjernematerien undergår faseoverganger når temperaturen øker. Et særlig interessant spørsmål er hvorvidt kaotiske tilstander blir fremherskende i tilstrekkelig opphetet kjernematerie, slik at protoner og nøytroner vil bevege seg på en totalt uforutsigelig måte. Tveters studier tyder på at partikkelbevegelsen i kjernen har en relativt ordnet karakter opp til atskillig høyere temperaturer enn man hittil har regnet med.

Den eksperimentelle delen av undersøkelsene, som er utført ved Syklotronlaboratoriet, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, har gått ut på å tilføre tunge atomkjerner av sjeldne jordarter energi ved å bombardere dem med lette partikler. Denne typen reaksjoner gir en økning i de enkelte nukleonenes kinetiske energi, ekvivalent med en oppvarming av kjernematerien, mens forholdsvis lite energi bindes i kollektive bevegelsesformer som rotasjon av kjernen som helhet. Etter sammenstøtet vil kjernen kvitte seg med overskuddsenergien ved utsendelse av lette partikler, hovedsakelig nøytroner, og gammastråling. Ved å studere dette strålingsmønsteret får man informasjon om den varme kjernens struktur.

Resultatene er tolket i lys av en termodynamisk kjernemodell, hvor man forsøker å anvende begreper som tem-

peratur og faseoverganger på kjernematerien. Ved en temperatur på ca. 5 milliarder grader, skjer en overgang fra den "superflytende" tilstanden som karakteriserer kalde kjerner, og hvor nukleonene beveger seg parvis, til "normaltilstanden", hvor nukleonbevegelsen har visse fellestrekk med molekylbevegelsen i en væskedråpe. Ved enda høyere temperaturer kan man observere andre typer faseoverganger, hvorav noen innebærer endringer i kjernens form. Et omdiskutert spørsmål i moderne kjernefysikk er i hvilken grad den varme kjernen antar en kaotisk indre struktur: Ved lav indre energi kan man med god tilnærmelse anta at de individuelle nukleonene beveger seg uavhengig av hverandre i veldefinerte "baner" innen kjernevolumet. Etter som temperaturen stiger, forekommer kollisjoner mellom nukleonene hyppigere, og deres bevegelse blir følgelig mer uordnet og tilfeldig. Tveters avhandling konkluderer med at visse aspekter av nukleonbevegelsen sannsynligvis er dominert av orden og forutsigelighet opp til temperaturer på minst 8 milliarder grader.

Fra 1992 er Trine Spestad Tveter postdoc stipendiat ved NAVF.

∞

In Memoriam

Minneord om Birger Stølan

Førsteamanuensis, Dr.ing. Ph.D. Birger Stølan ved Fysisk Institutt, NTH døde den 25. oktober, knapt 60 år gammel. I de siste par årene led han av en alvorlig sykdom som forverret seg raskt utover høsten. Selv om sykdommen etterhvert gjorde det svært vanskelig for ham å kommunisere muntlig med sine kolleger, forsatte han å delta aktivt i instituttets virksomhet – og beholdt sin levende interesse for norsk fysikks utvikling og framtid – inntil fredagskollokviet på sitt livs siste arbeidsdag.

Birger Stølan avsluttet sin grunnutdanning ved Linjen for teknisk fysikk, NTH i 1956, og forsatte med å ta licentiatgraden (dr.ing.) samme sted i 1959, med en avhandling om fri elektroners diamagnetisme. Deretter reiste han til Brown University i Providence, Rhode Island, der han tok Ph.D. i 1964 med Leon Cooper som veileder. Dr.avhandlingen het "A study of Many-Fermion Systems". På slutten av 1964 vendte han tilbake til NTH, som instituttingeniør og senere førsteamanuensis ved Institutt for Teknisk Fysikk. Dette ble hans arbeidsplass for resten av livet, bare avbrutt permisjoner til forskjellige forskningssenta i USA—tilbake til Brown University, til Magnet Lab ved MIT, IBM på Yorktown Heights, og University of California i Berkely.

Birger var blant de første norske fysikere som reiste til USA for å gjennomføre en regulær dr. utdannelse. Mange av oss som senere valgte tilsvarende var blitt inspirert av hans entusiastiske oppfordringer – ofte ispedd provoserende bemerkninger om nødvendigheten av å komme bort fra den hjemlige andedam. For Birger hadde klare og sterke meninger om hva som var god fysikk, og om hvor dette ble utført og av hvem. Og han kunne ha god teft for hva som var vesentlig og aktuelt i fysikken. Det viste seg at han også hadde utvist slik teft ved valg av Ph.D. veileder da Leon Cooper fikk Nobelprisen i fysikk i 1972. Med blikket løftet fra detaljene hadde han mer enn de fleste overskudd til å holde seg orientert om de store utviklingslinjene i fysikken. Og han så det som sin oppgave å formidle dette videre til studenter og kolleger, gjennom undervisning og annen kontakt.

Sin første store utfordring så Birger i å forbedre og styrke undervisningen i faststoff-fysikk ved instituttet. Han satte selv igang flere nye kurs som idag er blandt de mest sentrale i instituttets undervisningstilbud. I tillegg var han en av de aller første her i landet som begynte å argumentere for og arbeide mot en mer organisert forskerutdannelse på dr.- gradsnivå. Disse synspunktene har i løpet av det siste ti-året blitt i stor grad realisert. Men Birger kunne aldri sette seg tilfreds ned å konstatere at han til slutt fikk gjennomslag for sine ideer. Til det siste var han opptatt av å stadig forbedre og bygge ut det som han mente burde være et universitets fremste og viktigste oppgave, nemlig forskerutdannelsen.

Det som kanskje karakteriserte Birger mer som fysiker enn mange andre her i landet, var hans overbevisning at fysikk var fundamentalt en internasjonal aktivitet. Derfor mente han hele tiden at det som gjøres her i landet hele tiden må kunne sammenlignes med det beste ute i verden. Var vi ikke gode nok, måtte vi ut til de beste institusjoner i andre land for å bli det. Det var i den ånd han hjalp flere av de beste studentene inn til dr.grads studier ved utenlandske læresteder, spesielt da i USA. Men også de som ble i landet skulle få anledning til å komme i kontakt med andre, gode miljø ved at han i alle år i stor grad selv inviterte utenlandske gjesteforelesere til Fysisk Institutt. I de siste årene ble denne viktige aktiviteten mer formalisert ved at den faste kollokvieserien ved instituttet ble realisert. Spesielt viktig og gledelig for Birger var det at så mange av studentene viste sin begeistring for dette tiltaket.

Birger var en skjelden inspirasjonskilde i norsk fysikk. Han hadde som nevnt meninger om det meste som angikk norsk fysikk og var aldri redd for å gi uttrykk for dem. *"An anomaly, a talkative Norwegian!"*, karakteriserte engang en utenlandsk kollega ham. I det hjemlige miljø kunne han være forfriskende provokativ: *"Birger, du er en verbal pyroman!"* lo vi til ham — iblant i stilltiende enighet om at mye burde forandres. Slik tvang han oss ofte til å se ting fra en ny synvinkel, til å tenke gjennom argumentasjonen én gang til, og framfor alt til ikke å synke hen i selvtilfreds navlebeskuelse. Samtidig hadde han en åpen og sosial omgangsform som gjorde at han kunne opptre som et kritisk element på en miljøskapende måte.

Foruten i undervisningen, var det nettopp i rollen som kontakt- og miljøskaper at Birger så sin oppgave. Derfor var det

spesielt vondt å oppleve hvordan sykdommen gjorde det stadig vanskeligere for ham å uttrykke seg muntlig, samtidig som den brøt ham ned fysisk. Bare i tanken og interessen for fysikken forble han den samme inntil det siste. Gjennom sin vilje og standhaftighet i kampen mot sykdommen viste han en ny side av seg selv. Vi beundret hans mot og humør, og fryktet for den dagen da han ikke lenger ville klare å komme til Instituttet. Slik skulle det ikke gå.

Vi savner Birger, og sørger fordi han er borte så alt for tidlig. Likevel er vi glade for at han, etter et rikt og aktivt liv til det siste, fikk lov til å dø i verdighet. I respekt for det han sto for, og i takknemlighet for det han betydde for oss, lyser vi fred over minnet til vår gode venn.

Finn Ravndal
Kåre Olaussen

∞

FFV gratulerer

Islandsk heder til Torfinn Lindem

Førsteamanuensis Torfinn Lindem, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, er nylig blitt utnevnt til ridder av Falkeordenen på Island. Denne Islands høyeste utmerkelse gis til personer som i særlig grad har utført noe "to the benefit of the Islandic people or in the international arena".

Lindem har vært ansvarlig for den måletekniske delen av et stort prosjekt for undersøkelse av Thingvallavatn. Lindems hydroakustiske system og analysemetode for kartlegging av pelagiske fiskeforekomster har vakt internasjonal oppsikt, og brukes nå på en rekke steder rundt om i verden for detaljert kartlegging og studier av fiskeressurser. Analysemetoden gjør det mulig å telle enkeltfisk og finne fisketetthet og størrelsesfordeling. Systemet er også i ferd med å bli en kommersiell suksess.

∞

Torfinn Lindem og famile med Islands president, Vigdis Finnbogadottir (Foto: Annette Sletnes, UiO)

Plasmafysikk

Hans Pécseli *

Plasmafysikk er et relativt nytt forskningsfelt som har gjennomgått en rivende utvikling i sin korte historie. Faget har betydning for astrofysikk, ionosfæreforskning, for fredelig utnytting av fusjonsenergi, og for en del teknologisk viktige prosesser. Artikkelen gir en kort oversikt over faget og dets historie.

Innledning

Ved et plasma forstår vi vanligvis en samling av et stort antall positivt og negativt ladede partikler, elektroner og ioner, hvor det er like store mengder av positiv og negativ ladning tilstede. Se figur 1. Denne tilstandsformen har

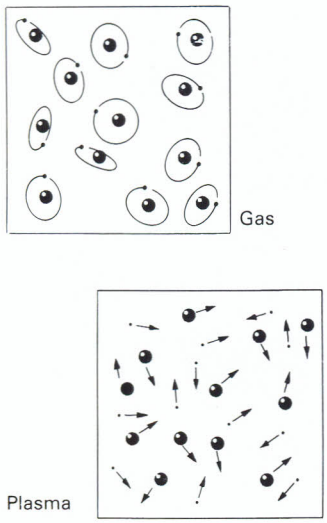


Fig.1. Illustrasjon av forskjellen mellom alminnelige gasser og plasma. I vanlige gasser er ioner og elektroner bundet sammen av elektriske krefter. I et plasma har de enkelte elektroner og ioner stor nok kinetisk energi til å overvinne denne bindingen, og de ladede partiklene beveger seg fritt i forhold til hverandre.

mange egenskaper felles med stoff i gasstilstand, men den vil dessuten være påvirkelig av elektriske og magnetiske krefter. Ved en første tilnærmelse betraktes et plasma ofte som to sammenblandede gasser; en elektron- og en ionegass, som kan beskrives med de samme likninger som brukes til å beskrive alminnelige gasser, men hvor elektriske og magnetiske krefter (Lorentz-krefter) må tas med sammen med Ohms lov. Et plasma oppfører seg på mange måter som en vanlig gass med høy elektrisk ledningsevne. Ofte er det de elektriske egenskaper som dominerer plasmaets oppførsel.

Plasmatilstanden er kjent i naturen fra f.eks. ild, lyn og nordlys. Jordas atmosfære i høyder over ca. 100 km er delvis ionisert. Denne såkalte ionosfære kan betraktes som et plasma sammenblandet med nøytrale gasser. I høyder over 400 km kan vi se helt bort fra den nøytrale komponenten og plasmaet finnes der som en "ren" tilstandsform. Ionosfæren har avgjørende betydning for mange forhold f.eks. de klimatiske. Plasmaets innvirkning på elektromagnetiske bølger er av stor betydning for radiokommunikasjon.

Plasma opptrer også i forbindelse med tallrike teknologisk viktige prosesser. Det har betydning for visse sveisemetoder (plasmasveising), for høyspenningsbrytere, likerettere, i lysrør osv. I visse kjemiske anlegg ønsker en ofte å øke temperaturen for å oppnå hurtigere reaksjoner. Resultatet kan da bli en delvis ionisering av de stoffene som er med. Derfor har kjemiske prosesser fått en stadig større betydning for en del stoff i plasmatilstand, og det åpnes for viktige tekniske perspektiver for framstilling av nye materialer.

Den viktigste grunnen til den store interesse som det er i dag for plasmafysikk, er imidlertid dens betydning for fusjonsforskningen. Fredelig utnyttelse av fusjonsenergi krever en grunnleggende forståelse av lette grunnstoffers oppførsel i plasmatilstand. (Se Gerhard Berges oversiktsartikkel i "Fra Fysikkens Verden", Nr. 1 - 1987.) For å få igang fusjonsprosesser ved kollisjoner mellom de enkelte kjerner ved termisk likevekt, kreves det at kjernene har meget høye kinetiske energier - eller sagt på en annen måte at temperaturen er svært høy. Det er et berettiget håp om at en ved å utnytte muligheten til å påvirke et plasma med elektriske og magnetiske felt, kan kontrollere dets oppførsel selv i slike ekstreme tilstander.

I det følgende belyses noen eksperimentelle og regnemaskintekniske metoder som anvendes for å studere plasmatilstander.

Historisk oversikt

Selv om det er store forskningsmessige og økonomiske interesser knyttet til plasmafysikken, er den som eget fagområde relativt ny. Utviklingen har imidlertid vært meget rask, og den spenner fra primitive elektriske utladninger over astrofysiske og kosmologiske studier til store og kompliserte regnemaskin-modeller. Et kort resymé av fagets historie kan kanskje tjene til å illustrere hvor omfattende dette område av fysikken er.

Som en kuriositet kan det nevnes, at mange greske filosofer, fra og med Empedokles (ca. 490-430 f.Kr.) antok at Universet var oppbygd av fire elementer, jord, vann, luft og ild. Denne betraktningen kan sammenliknes med den mer moderne oppdelingen i fire tilstandsformer: fast, flytende, gass og plasma. De sporadiske undersøkelsene som ble utført av f.eks. von Guericke i det syttende århundre, og av Franklin og Lichtenberg i midten av det attende århundre, betraktes som de første famlende skritt mot utforskningen av et plasmas egenskaper. Den egentlige identifiseringen av en ny tilstandsform som oppsto ved elektriske utladninger i luft, tilskrives W. Crookes, som i 1879 skrev: "The phenomena in these exhausted tubes reveal to physical science a new world, a world where matter may exist in a fourth state....".

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Som nevnt, er plasmafysikk en relativt ny disiplin, som først kunne realiseres da vakuumteknikk og elektriske anlegg hadde nådd et teknologisk stadium som muliggjorde stabile elektriske utladninger. Slike ble oppdaget nesten samtidig av H. Davy i England og Petroff i Russland omkring år 1800. Deres eksperimenter involverte batterier med flere tusen celler og strømmer på - antagelig - adskillige ampere. Dette var litt av en teknisk bedrift, tiden tatt i betraktning, og eksperimentene var ikke ufarlige. De første gjennomgripende undersøkelser ble imidlertid foretatt av I. Langmuir omkring 1923, og han var den som først brukte betegnelsen "plasma" i denne sammenheng. (Ordet ble trolig først brukt i forbindelsen "protoplasma" av den tsjekkiske biolog J. Purkynie i 1839, som betegnelse på et geléaktig medium som omslutter et stort antall partikler. Det er mulig at Langmuir forestilte seg plasma- ionene som slike partikler som var omsluttet av en sky av elektroner.) I perioden 1923-1938 ble plasmafenomener studert i gassutladninger av forskere som L. Tonks, A. von Engel, F.M. Penning, J. Townsend og mange andre.

Astrofysikerne erkjente tidlig betydningen av å forstå de dynamiske egenskapene til stoff i plasmatilstand. Trolig er mer enn 99% av alt stoff i Universet i denne formen, og de tre andre tilstandene representerer i virkeligheten det eksepsjonelle, enda så velkjente de er. I jordas atmosfære er plasmabidraget begrenset til de øvre tynne luftlagene, som bare utgjør en ganske liten del av atmosfærens masse. Vårt solsystem domineres imidlertid fullstendig av sola (med en masse på over 300.000 ganger jordas), som helt er i plasmatilstand på grunn av ionisering som skyldes den høye temperaturen der.

Forskere som M.N. Saha, S. Chapman, T.G. Cowling, S. Chandrasekhar, L. Spitzer, H. Alfvén og andre, har bidratt til forståelsen av plasmatilstandens betydning for astrofysikk og ionosfærefysikk. Det er også på dette området at norsk plasmafysikk har de lengste tradisjonene med internasjonalt kjente forskere som K. Birkeland, C. Størmer og andre allerede i tida omkring århundreskiftet.

Fusjonsenergi

I 1929 foreslo F. Houtermanns og R. Atkinson at fusjon (sammensmelting) av lette atomkjerner kunne være en viktig prosess for energiproduksjon i stjernene, slik det er for vår sol. Etter 1945 ble de samme prosesser studert i forbindelse med utviklingen av atombomben (hydrogenbomben). Fisjonsenergien, som frigjøres ved spalting av tunge atomkjerner, ble tilsvarende først utnyttet i forbindelse med atombombeproduksjon. Det ble snart vist at fisjonsprosesser også kan kontrolleres og utnyttes til fredelige formål f.eks. til energiproduksjon i kraftverk, og fysikere fant det nærliggende å undersøke om også fusjonsprosesser kunne nyttiggjøres på samme måte. En kjernesammensmelting krever at partiklene har en energi som er stor nok til at kjernenes frastøtende elektriske krefter overvinnes. Hvis slike prosesser skal kunne finne sted i en tilnærmet termisk likevektstilstand, der energien i de termiske bevegelser er stor nok til å kunne overvinne frastøtingen av kjernene, må temperaturene være av størrelsesorden 100 millioner grader. Ved slike temperaturer vil alt stoff være i plasmatilstand, siden de energiene som kreves for ionisering av partikler er langt mindre enn de som er nødvendige for å overvinne kjernefrastøtingen.

Studiet av plasmafysikk er derfor blitt nært knyttet til forskning innenfor termonukleær kjernefusjon. Som nevnt, har forskningen også vært knyttet til hydrogenbombe-produksjon, der resultatene var klassifisert av militære grunner. Først ved forhandlinger i 1956 - 1958 ble stormaktene enige om å deklassifisere denne forskningen. Dette ble starten på moderne plasmaforskning, som nettopp bygger på et utstrakt internasjonalt samarbeid karakterisert ved stor åpenhet.

De eksperimentelle anleggene der fusjonsforskningen drives, er så store og kostbare at ikke noe enkelt land kan drive den alene. I Europa koordineres forskningen gjennom EF-organet EURATOM, som har assosieringsavtaler med fusjonslaboratorier i medlemslandene, men også med laboratorier i Sverige og Sveits. Vårt naboland, Danmark, er også aktivt engasjert i det felleseuropeiske forsøksanlegget JET (Joint European Torus) som er plassert nær Oxford i England. Byggeomkostningene for JET-eksperimentet er av størrelsesorden 3.5 milliarder kroner, og det har en teknisk/vitenskapelig stab på ca. 330 personer. Her studeres plasmaets oppførsel under forhold som er så nær fusjonsforhold som vi kan komme nå. JET-eksperimentet må betraktes som det mest framgangsrike fusjonseksperimentet i dag. Her har en for første gang utført eksperimenter med et deuteriumplasma med 15% innhold av den tyngre tritium-isotopen. I en plasmautladning den 9. november 1991, genererte fusjonsprosessene en effekt på 2 MW i en puls som varte mer enn 2 sekunder ved en temperatur på over 200 millioner grader - mer enn 10 ganger temperaturen i solas indre! Det er planer om å øke tritiuminnholdet til 50%, og da vil effekten stige til 20 MW. Deretter vil imidlertid eksperimentets innerste deler og vegger være sterkt radioaktive, og derfor ønsker en å utsette disse forsøkene til eksperimentets sluttfase.

Innen fusjonsforskningen arbeider en nå videre med bl.a. å undersøke forskjellige muligheter for å få til en mer effektiv plasma-oppvarming, og finne ut hvordan disse vil innvirke på det tidsrom en kan klare å holde plasmaet isolert fra veggene i beholderen. Disse store eksperimentene er rettet mot undersøkelser av spesifikke egenskaper som har interesse i fusjonssammenheng. Muligheten for at fusjonsforskningen kanskje kan vise til en løsning på problemet med verdens framtidige energiforsyning, gir den meget store økonomiske perspektiver. Dette er grunnen til at denne forskningen i dag er den dominerende innenfor plasmafysikken. Den egentlige grunnforskningen innenfor faget utføres i mindre eksperimenter i en lang rekke laboratorier, bl.a. ved Universitetet i Tromsø. Et mindre plasmaeksperiment er også under oppbygging ved Fysisk Institutt ved Universitetet i Oslo.

Mindre eksperimenter

Det første problemet ved oppbyggingen av et plasma-fysisk eksperiment, er selvsagt å få dannet et plasma. En mulig metode består i å varme opp en beholder med en passende gass inntil bevegelsesenergien er så stor at gassens molekyler ioniseres ved kollisjoner. Dette prinsippet har vært brukt til stoffer som er lette å ionisere, slike som cesium, natrium eller kalium. Ioniseringsenergiene er her omkring 4 elektronvolt, som svarer til 40.000 grader. Selv beholdere av wolfram, tantal eller molybden kan ikke

tåle slike temperaturer; de vil smelte allerede ved 2600-3300 grader. Likevel er godt fungerende eksperimenter blitt etablert på basis av termisk ionisering, idet en har arbeidet med delvis ionisasjon og anvendt gasser med lav tetthet. Selv ved moderate temperaturer kan en oppnå en høy ionisasjonsgrad for en gass når den har tilstrekkelig lav tetthet. En har arbeidet med tettheter lavere enn en hundre-milliondel av normal luft- tetthet. Omfanget av disse eksperimentene var lite på grunn av de praktiske problemene. Især var det vanskelig å kunne undersøke plasma som var skjult bak flere varmeskjold.

Tidlig i 1960-årene ble det utviklet en ny eksperimentell oppstilling ved universitetet i Princeton i USA, en såkalt "Q-maskin". Q står for "quiet", for å understreke at plasmaet i denne maskinen ikke var så elektrisk støyende som i andre maskiner hvor det ble skapt ved elektriske utladninger. Selv om disse Q-maskinene var store og kostbare å bygge, var de svært greie å arbeide med. Det ble bygget flere av dem i USA, Japan, USSR, og i noen europeiske land, bl.a. i Danmark, ved Risø Forskningcenter nær Roskilde.

Et plasma kan skapes meget effektivt og billig med en elektrisk utladning i en passende valgt gass. Som før nevnt, bygde de tidligste eksperimentene i forrige århundre på dette prinsippet. Når vi trekker en sterk strøm gjennom en fortynnet gass, akselereres noen frie elektroner til stor hastighet, og disse kan oppnå en energi som er stor nok til å løsrive nye elektroner i gassen. Disse nye elektronene blir også akselererte av de påtrykte elektriske feltene. De løsriver flere nye elektroner, og en kan til sist oppnå en rimelig høy ionisasjonsgrad. Temperaturene i et plasma som er dannet på denne måten, kan være store; av størrelsesorden 20 000 grader. Det må imidlertid fremheves at plasmaet ved disse eksperimentene ikke kan sies å være i egentlig termisk likevekt.

Energitettheten, som er proporsjonal med produktet av partikkeltetthet og temperatur, behøver imidlertid ikke å være særlig stor. Vanligvis er tetthetene så lave at kontakten med veggene i beholderen bare gir en lokal avkjøling av plasmaet i et overflatelag.

Spesielt kan utladningen skapes ved å la plasmaet virke som sekundærviklingen i en transformator. Eksperimentelle oppstillinger som følger dette prinsippet kalles tokamakker (Se figur 2 og G. Berges artikkel i: "Fra Fysikkens Verden", Nr. 1 -1987). Også de store fusjonseksperimentene som JET, bygger på tokamak-prinsippet. I disse eksperimentene er de høyeste plasmatemperaturene oppnådd, ca. 200 millioner grader. (Til sammenlikning kan det nevnes at temperaturen i sol-koronaen er omkring 1 million grader.) Når tetthetenen av et så varmt plasma blir stor, blir energitettheten så høy at det er nødvendig å holde plasmaet isolert fra veggene i beholderen. (En høy tetthet ved disse temperaturene vil si over en hundretusendel av normal atmosfæretetthet.) Den mest lovende metode som er kjent i dag, består i å holde plasmaet sammen ved hjelp av magnetiske felt, som påtrykkes plasmaet ved hjelp av spoler utenfor plasma-kammeret. Plasmaet kan imidlertid ikke holdes sammen i lang tid. Plasma-instabiliteter gir opphav til at visse bølgetyper på plasmaoverflaten vokser i intensitet. Til sist medfører disse bølgene en ukontrollert bevegelse av plasmapartiklene på tvers av magnetfeltet, og plasmaet avkjøles og dør ut ved kontakt med kammerveggene. I JET har en oppnådd plasma-levetider på opptil ett minutt, men ved en redusert effekt.

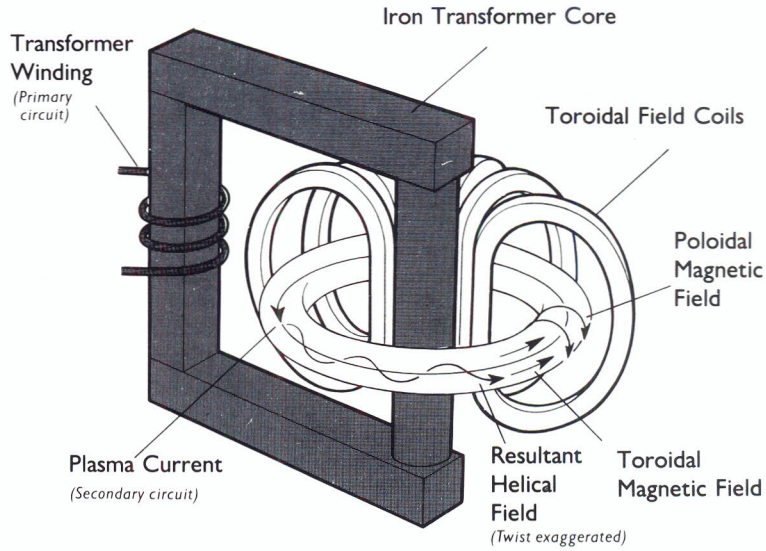


Fig.2. Prinsippskisse av en tokamak med transformator kjerne og toroidale magnetfelt-spoler.

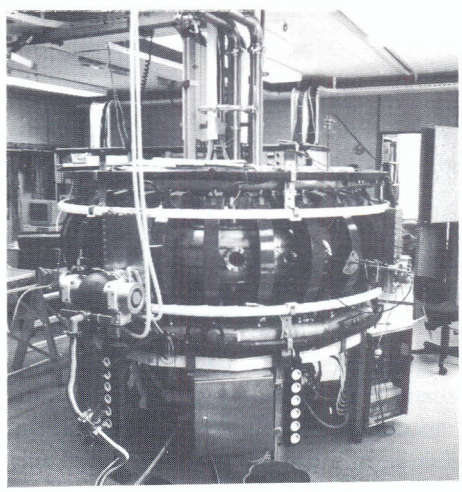


Fig.3. Plasmaeksperimentet "Blaamann" ved Universitetet i Tromsø. Den indre diameteren av plasmakammeret er 15 cm, mens torusens ytre diameter er omtrent 2 m.

Blaamann-eksperimentet i Tromsø, se figur 3, bygger på en blanding av flere av disse prinsippene. Plasmaet dannes ved en d.c.-utladning i argon hvor strømmen trekkes enten fra noen varme elektron-emitterende filamenter eller fra en katode av bariumoksyd. Plasmaet som blir produsert holdes sammen i en ring ved hjelp av et toroidalt (ringformet) magnetfelt. Plasma tapes hele tiden til veggene i beholderen, men dette tapet erstattes kontinuerlig av nyprodusert plasma fra utladningen.

Når en pålitelig plasmakilde først er bygget opp, består det eksperimentelle arbeidet i å undersøke plasmaets egenskaper ved hjelp av forskjellig utstyr. Tettheter kan f.eks. måles ved å studere refleksjon av mikrobølger, temperaturer kan måles med laserutstyr osv. For kalde og tynne plasma, kan små Langmuirprober og antenner settes inn i plasmaet. Målingene blir da vesentlig enklere å gjennomføre, og plasmaets tilstand - fordelingen av tetthet og temperatur - kan bestemmes i detaljer. Den

dynamiske oppførselen kan studeres ved å innføre forstyrrelser i plasmaet, og det kan også skapes plasmainstabiliteter. Måleresultatene kan så sammenliknes med forventningene som er basert på analytiske modeller. En teori som er bekreftet på denne måten, kan med fordel anvendes også på mer kompliserte forhold som i en tokamak.

Utnyttelsen av plasmaprosesser i industriell sammenheng, er et nytt forskningsområde i sterk framvekst som det satses betydelig på i USA og Japan. Det forventes at plasmateknologi vil få en stadig økende betydning ved produksjon av halvledere og integrerte kretser, framstilling og bearbeiding av materialer, og i samband med opparbeiding av avfall osv. Undersøkelse av plasmaprosesser i forbindelse med industrielle anlegg utføres som regel på anleggene selv eller på modeller i laboratorier.

Ionosfære-forskning

I laboratorie-eksperimentene er plasmaets kontakt med veggene i beholderen et uunngåelig problem. Det er altså ikke mulig å simulere f.eks. ionosfæriske forhold fullstendig, da slike problemer ikke forekommer der. I denne typen undersøkelser er det ofte nødvendig å introdusere prober direkte i ionosfære- plasmaet ved hjelp av raketter eller satellitter.

Undersøkelsene av plasmabeltet omkring jorda har gitt store overraskelser. En slik uventet oppdagelse ble f.eks. gjort i 1973, da satellittmålinger viste at jorda er en sterk radio-støykilde på linje med Jupiter. Hvis ionosfæren ikke hadde virket som et skjermende lag, ville derfor radio-kommunikasjon i langbølgeområdet vært svært vanskelig. Måledata innsamlet av den svenske VIKING-satellitten i 1987, har gitt en bedre forståelse av disse forholdene.

Suksessen med den svenske VIKING-satellitten vil bli fulgt opp med en ny satellitt, FREJA, som ventes sendt opp i 1992 med en kinesisk rakett! (Også romforskningen er karakterisert av et utstrakt internasjonalt samarbeid.)

Ett av de mest omfattende satellittprosjekter som noen gang er utført, planlegges å bli iverksatt omkring 1995. Det er CLUSTER-prosjektet, som består av fire satellitter som forventes å gi de mest detaljerte opplysningene som kan oppnås om jordas magnetosfære og dens vekselvirkning med solvinden. Prosjektet er en del av Solar Terrestrial Science Programme (STP). I dette programmet inngår også satellitt-prosjektet SOHO. Se figur 4. Det europeiske romforskningssamarbeidet i regi av ESA (European Space Agency) står for noen av de viktigste initiativene ved disse prosjektene. Gjennom Norges medlemskap i ESA, har norske fysikere også anledning til å delta i disse meget ambisiøse forskningsprosjektene.

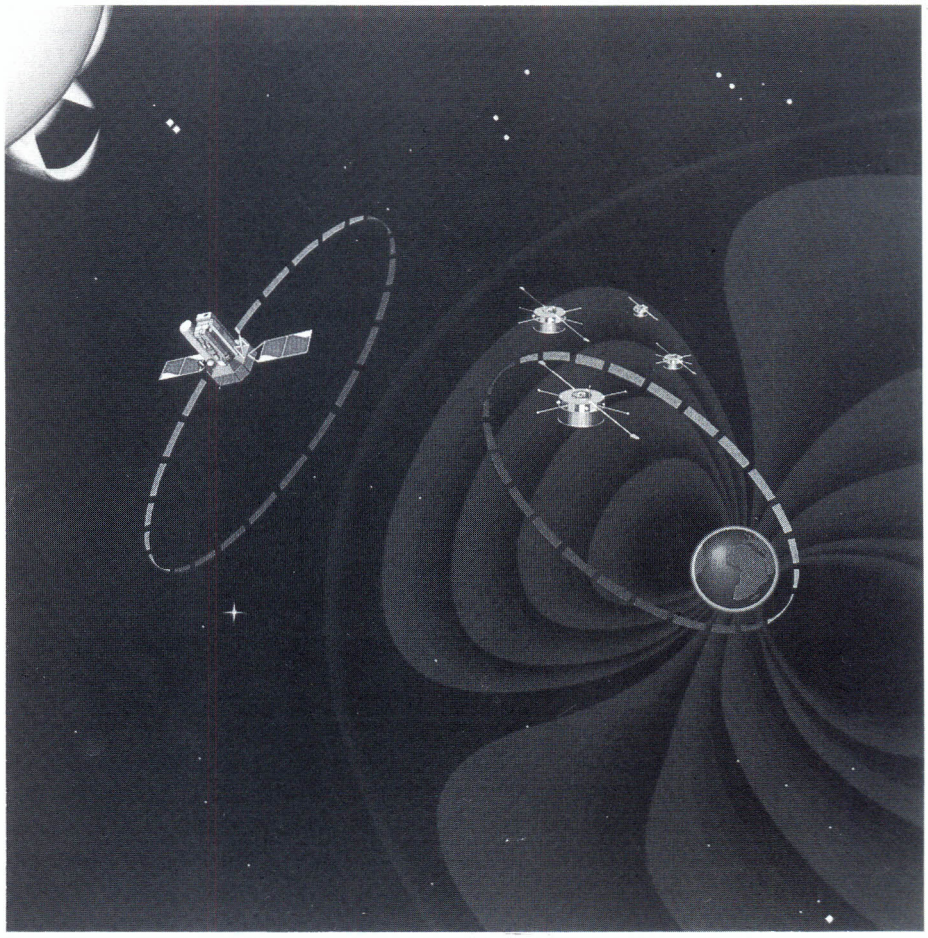


Fig.4. Skjematisk framstilling av de fire planlagte CLUSTER-satellittene i jordas magnetosfære, og SOHO-satellitten som vil gå omkring det såkalte Lagrange-punktet hvor gravitasjons-feltene fra sola og jorda opphever hverandre.

Undersøkelsen av vårt nære verdensrom med satellittbaserte instrumenter gir mulighet til å analysere nøyaktigheten av generelle modeller og teorier for planetsystemers og magnetiserte stjerners dynamiske oppførsel. Slike studier er av stor verdi også for den astrofysiske forskning.

Også jordbaserte undersøkelser av ionosfærens plasma er mulig f.eks. ved hjelp av spesielle radaranlegg. Et slikt anlegg ved Søndre Strømfjord på Grønland drives av Geofysisk Avdeling ved Meteorologisk Institutt i Danmark, i samarbeid med National Science Foundation i USA. Et tilsvarende noe større anlegg, EISCAT (European Incoherent Scatter), ligger ved Tromsø. Se figur 5. Med dette og andre anlegg, kan en kontinuerlig følge temperatur- og tetthets-utvikling, samt bestemme retning og hastighet av vinder i ionosfæren. Det

Fig.5. EISCAT-anleggets UHF-antenne.

blir straks vanskeligere å undersøke den mikrodynamiske oppførsel. En må da enten vente på at en naturlig forstyrrelse oppstår, eller en må forsøke å skape en ved hjelp av en satellitt eller en rakett. Slike aktive ionosfære-eksperimenter er forsøkt flere steder. Enkelte institusjoner råder over radaranlegg som er kraftige nok til å varme opp en lokalisert del av ionosfæren i løpet av kort tid. På denne måten er en i stand til omtrent å fordoble temperaturen (dvs. å øke den fra typisk 1000 K til 2000 K) i et område med diameter på ca. 50 km. De resulterende forstyrrelsene i ionosfæren kan studeres fra bakken, f.eks. ved hjelp av konvensjonell radarteknikk. Slike eksperimenter er også utført ved EISCAT nær Tromsø.

En annen metode for å skape forstyrrelser i ionosfæren er å slippe ut noen kilogram av f.eks. vann, barium eller cesium der oppe. Disse "fremmede" stoffene blir nesten øyeblikkelig ionisert av ultrafiolett sollys, og bevegelsene til det resulterende plasma gir opphav til målbare forstyrrelser som kan observeres direkte fra jorda.

Med adgang til instrumentering på Svalbard, er Norge i en enestående stilling med hensyn til å drive forskning i ionosfæren. Derfra kan ionosfæren over polarområdene studeres bedre enn andre steder. Disse områdene forventes å være spesielt viktige og interessante, da det er her plasmaet fra solvinden har den letteste adgang til ionosfæren langs jordas magnetfelt. Statistiske analyser antyder at det er en sammenheng mellom lokale værforhold og plasma-aktiviteten fra sola, men årsaken til denne vekselvirkningen er ennå ikke forstått.

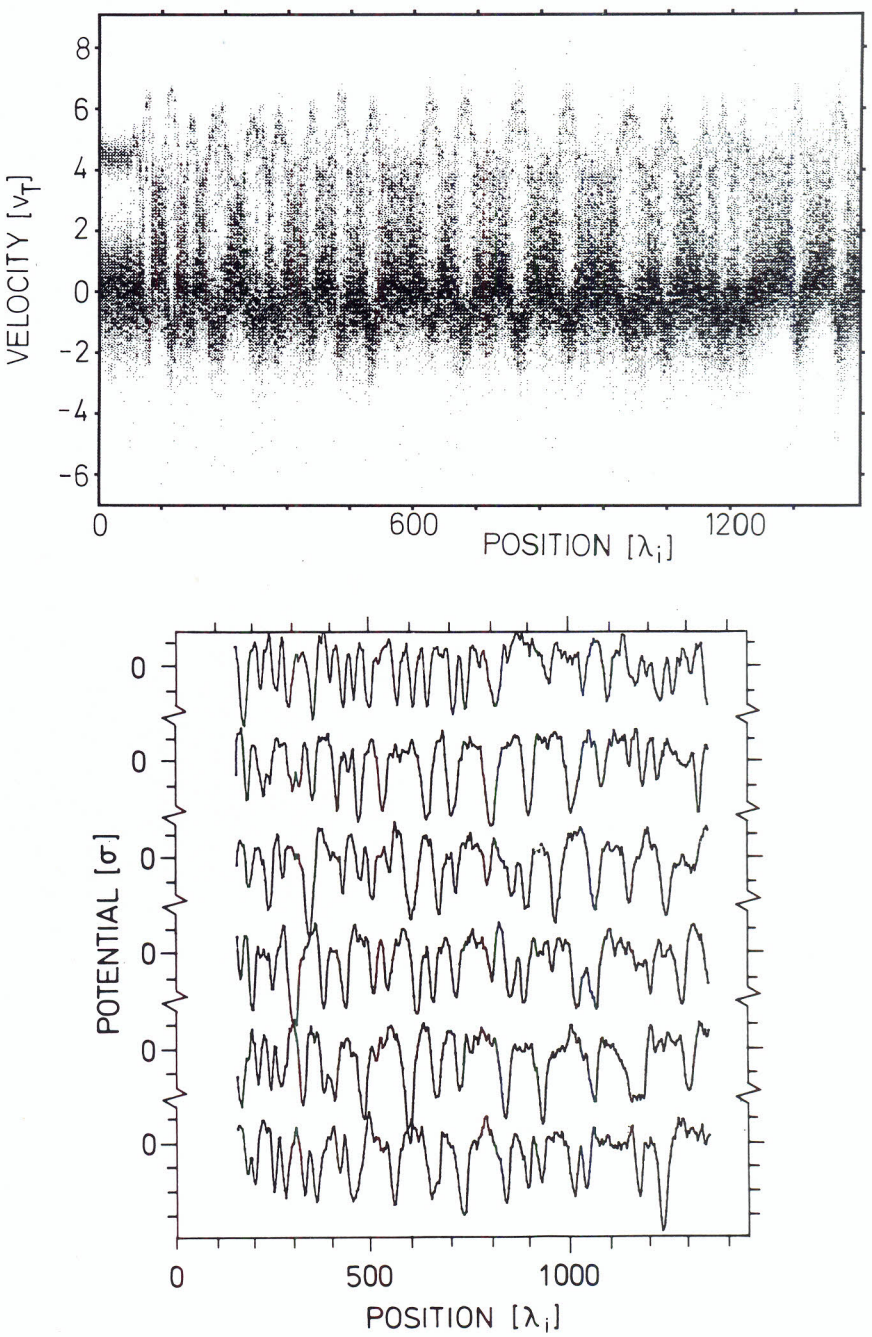


Fig.6. Resultater fra en plasma-simuleringskode utviklet ved Universitetet i Tromsø. a) viser et faserom (hastighet - posisjon) for omtrent 60 000 ioner for et tilfelle hvor en ionestråle, fra venstre side av figuren, sendes inn i et bakgrunnsplasma. (Elektronkomponenten er ikke vist.) b) viser den romlige fordelingen av det tilhørende elektrostatiske potensialet ved forskjellige tidspunkter. Selv om resultatene ved første øyekast virker kaotiske eller turbulente, kan utviklingen av selvorganiserende strukturer, "faseroms-hvirvler", sees (best på Fig. a).

Numeriske simuleringer

Store og raske computere er av vesentlig betydning for plasmaforskningen. De er først og fremst nødvendige for innsamling og bearbeiding av de uhyre store data-mengdene som mottas fra satellitter og store forsøksanlegg. Dessuten er en ny forskningsdisiplin blitt utviklet, der man simulerer et plasma i en regnemaskin. Det er da f.eks. mulig å innføre et stort antall ladede partikler i beregningene og la dem vekselvirke gjennom de elektriske og magnetiske kreftene som de selv gir opphav til. I dette "computer-plasmaet" er det mulig å få opplysninger om så å si alle fysiske størrelser, også de som det ikke er praktisk mulig å måle i et laboratorium. Slik kan en oppnå en detaljert forståelse av et problem. Det er imidlertid praktisk umulig å følge de mange millioner partikler som vil være nødvendig om regnemaskinen skulle reprodusere et ekte plasma i alle detaljer. Derfor må det gjøres mange forenklende antagelser, og et samspill mellom laboratorie-eksperimenter og numeriske beregninger er av stor betydning. Dersom en del av hovedresultatene av beregningene kan etterprøves eksperimentelt, er det rimelig å ha tillit også til de som ikke umiddelbart lar seg bekrefte på annen måte. Figur 6 illustrerer noen resultater fra slike beregninger.

Bare moderne superdatamaskiner kan holde regnskap med tidsvariasjoner i posisjon og hastighet til de flere hundre tusen simulerings-partiklene som benyttes i modellene, samt avslutte beregningene innenfor en overkommelig tid.

Bølger i plasma

Ofte er ledningsevnen i et plasma meget stor, slik at selv små spenningsforskjeller kan forårsake store strømmer som videre gir sterke magnetfelt. Disse feltene vil da virke tilbake på de ladde partiklene og slik påvirke strømbanene som opprinnelig forårsaket de magnetiske feltene. Plasmaets dynamiske egenskaper, dvs. reaksjon på en forstyrrelse, kan således være meget komplisert. Dette illustreres best ved å betrakte bølgeutbredelser i plasmaet; i tillegg til lydbølger og elektromagnetiske bølger (radiobølger og lys) finnes der elektrostatiske og magnetiske bølger (såkalte Alfvén-bølger). Videre finnes der et rikholdig utvalg av overflatebølger.

Ved en bølgebevegelse svinger bølgens energi mellom to eller flere energiformer som i en svingende pendel hvor energien veksler mellom kinetisk og potensiell. Den følgende oppdeling kan tjene som oversikt: Ved elektromagnetiske bølger varierer energien mellom elektrisk- og magnetisk feltenergi. For elektrostatiske bølger veksler den mellom kinetisk partikkelenergi og elektrisk feltenergi, mens Alfvén-bølgene viser en vekselvirkning mellom kinetisk energi og magnetisk feltenergi. Disse forholdene er vist skjematisk på figur 7. For akustiske bølger svinger energien fram og tilbake mellom kinetisk og potensiell energi som er blitt lagret ved sammentrykkingen av mediet. Mer generelt finnes det bølgetyper hvor alle energiformene spiller en rolle. Videre er det noen typer der de tunge ionenes rolle er forsvinnende liten. De opptrer her bare som en bakgrunn som sikrer ladningsnøytralitet. Dette gjelder især bølgetyper med meget høye frekvenser. Noen av disse kan observeres også i metaller eller halvledere, der ledningselektronene kan bevege seg fritt slik som i et egentlig plasma. Såkalte plasma-instabiliteter kan oppstå under visse forhold, og de er årsak til at noen bølger vokser i intensitet. Plasma-instabiliteter oppstår især under forhold som er langt fra termisk likevekt. Se f.eks. figur 6. Ofte, men ikke alltid, er denne situasjonen uønsket. Forståelsen av slike plasmatilstander utgjør et viktig studium.

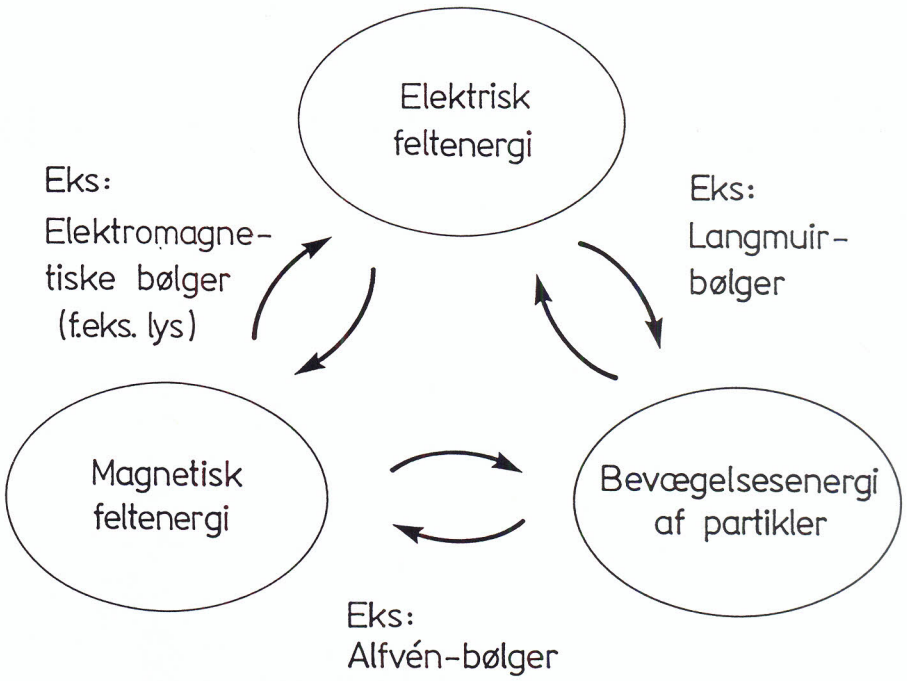


Fig.7. Skjematisk framstilling av forskjellige bølgeformer i et plasma. Figuren viser hvordan energien veksler mellom forskjellige tilstander.

Avslutning

Siden slutten av 1950-årene har forskningen innen plasmafysikk gjennomgått en rivende utvikling. Resultatet er en dyptgående forståelse av mange av de prosessene som er karakteristiske for et plasma. Det har skjedd store framskritt i fusjons- forskningen, og allerede de eksisterende forsøksanleggene bringer den kontrollerte termonukleære fusjon innenfor rekkevidde. Jordas ionosfære er etterhvert godt forstått, mens det på den andre siden er få måleresultater fra de fjerne delene av magnetosfæren. Felles europeiske satellittprosjekter vil råde bot på dette i begynnelsen av de neste tiårene.

Selv om egenskapene til et plasma er vel utforsket, er det stadig mange dunkle punkter. Det alvorligste utestående problemet synes å være (slik som i klassisk fluid-dynamikk) de forhold der plasmaet oppfører seg så kaotisk eller turbulent at bare en statistisk beskrivelse er mulig. Plasmaturbulens er ikke blitt særlig godt belyst med eksperimentelle resultater, og den teoretiske forståelsen er ennå ikke stor nok. Problemet er av mer enn akademisk interesse, siden det trolig er turbulensfenomener som setter grensen for plasma-innkapslingen i fusjonsreaktorer. Matematiske metoder, som har vist seg virkningsfulle i andre sammenhenger, er imidlertid under videre utvikling, og med økt forståelse håper en at også dette problemet vil få sin avklaring.

Det er verdt å merke seg at denne utviklingen foregår i et nært samarbeid med andre fagområder. Studiet av kaotiske systemer er de senere årene også blitt en viktig matematisk disiplin. Dernest, har mange av de turbulente diffusjons- prosessene som er av stor betydning for et varmt plasma, en analogi i f.eks. meteorologiske forhold, hvor turbulensstudier har vært av sentral betydning i over en menneskealder. Videre kan visse spesielle bølgeformer i et plasma og i atmosfæren behandles matematisk på samme måte. Et slikt eksempel er de såkalte Rossby-bølgene i atmosfæren og driftbølgene (en type overflatebølger) i et plasma. Da det som regel er mye lettere å undersøke bølgefenomener i atmosfæren enn i et plasma, kan en på denne måten oppnå en verdifull oversikt over spesielle problemer. Samspillet mellom de forskjellige fagområdene har vært svært fruktbart, og det stilles store forventninger til den framtidige vekselvirkningen.

∞

Den Internasjonale Tsjernobyl-rapporten

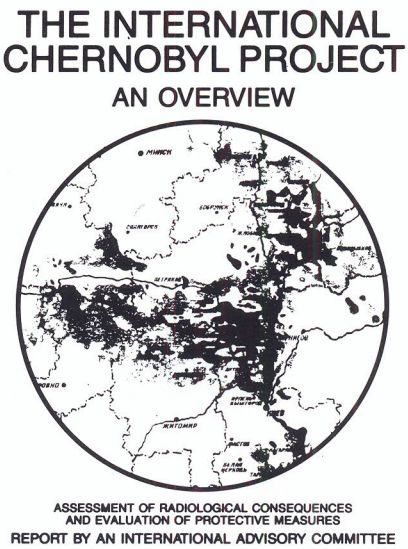
T. Riste *

I april 1986 eksploderte ein reaktor i Tsjernobyl i Ukraina. Norske aviser kunne straks melde om 2.100 døde og 15.000 stråleskadde i Kiev-området. Ikkje lenge etter hadde amerikanske aviser bilete (!) av seks fot høge kyllingar som sprang rundt i området, og i norske aviser kunne ein lese om kjempekaninar, misdanna kalvar osv. I april kvart år blir vi minte om ulukka ved media-oppslag som viser barn som har fått kreft eller er fødde utan armar eller auger, og alt dette blir tilskrive nedfallet frå Tsjernobyl.

Kor mykje av dette er sant? Det har vore store sprik mellom oppgåvene frå sentralt russisk hald i Moskva og oppgåvene frå republikkane Ukraina og Kviterussland. I mai 1991 kom rapporten frå det internasjonale Tsjernobyl-prosjektet. Denne rapporten, som knapt har vore nemnd i norske media, gir full støtte til oppgåvene frå Moskva.

Det internasjonale atomenergi-byrået (IAEA) har koordinert prosjektet. Ca 200 ekspertar frå 22 land og sju internasjonale organ, m.a. Verdas Helseorganisasjon (WHO) og FNs strålingskommisjon (UNSCEAR), var med på prosjektet. Leiar var den japanske direktøren for strålingskommisjonen i Hiroshima. I prosjektet skulle ein studere dei radiologiske konsekvensane for dei aktive områda utanfor nærsona på 30 km frå reaktoren. I desse områda bur omlag ein million menneske i omlag 2.700 byar og landsbyar. I 1988 vart det lagt opp ein evakueringsplan for ein stor del av desse menneska, og mange har alt flytta. Hovudspørsmålet ein no ville ha svar på var: "Er det trygt å bli buande i desse kontaminerte områda?" Ein skulle altså ikkje undersøke tilstanden hos dei 100.000 som vart evakuerte frå nærsona eller hos dei som hadde vorte tilkalla som redningspersonell.

*IFE/ Fysisk institutt, UiO.



Områdekontaminering

Prosjektet gjekk gjennom dei offisielle sovjetiske data, målemetodar og rapportering frå 500 av tettstadene, analysemetodane for matvarer til 20 institutt og laboratorium og samla sjølv inn og analyserte prøver frå områda. For cesium og plutonium samsvara målingane i jorda og på overflata med dei offisielle sovjetiske, for strontium låg dei nye målingane langt under. I mat og drikkevatn var den radioaktive kontamineringa ofte for låg til å kunne påvisast. I dei fleste tilfella var konsentrasjonen under den internasjonale tiltaksgrensa for handel med matvarer. Ei rekkje tilrådingar vart gjevne, m.a. om korleis ein skulle vurdere faren ved "hot spots".

Strålingseksponering av folk

Målingane som vart gjennomførde i prosjektet, viste at den interne stråleeksponeringa (frå mat, drikke og innanding) var liten i forhold til den eksterne (frå deponering på bakken osv). For 90% av dei 8.000 menneska som bar dosimeter i to månader var dosen under deteksjonsgrensa på 0.2 mSv. I dei områda ein under søkte gjorde ein følgjande estimat for 70-års-dosen (1986 - 2056):

	Internat. prosjekt (mSv)	Offisielle sovjet tal (mSv)
Ekstern dose	60-130	80-160
Intern dose	20- 30	60-230
Total, inkl. Sr	80-160	150-400

Til samanlikning er gjennomsnittsdosen for oss i Norge ca 350 mSv for same periode. For dei som bur i område med mykje radon, kan dosen vere det mangedoble. Skulle ein følgje dei sovjetiske reglane for evakuering, måtte minst ein halv million nordmenn også flytte til "reine" område.

Helsetilstanden

I dette prosjektet undersøkte ein i alt 1.356 personar frå fleire busetnader og samanlikna helsetilstanden deira med den dei fann i liknande busetnader utanfor det kontaminerte området. Ekspertane konkluderte med at det var dårleg helsetilstand i begge typer busetnader, men at dette var sjukdomar som ikkje kunne tilskrivast stråling. Det vart ikkje funne nokon signifikant auke i fosterskadar. Dødsraten hos foster og småbarn hadde falle etter ulukka. Borna var jamt over friske og utan påviselege skadar i skjoldbruskkjertelen.

Ulukka hadde derimot ført til store psykiske lidingar både i og utanfor dei kontaminerte områda. Angst- og stress-symptoma var også forsterka av dei store sosiale, økonomiske og politiske forandringane i Sovjet. Dei aller fleste vaksne som vart undersøkte, både i og utanfor dei kontaminerte områda, trudde at dei var strålingssjuke. Ekspertane fann at mange av dei lokale helserapportane som hadde kome var skrivne på grunnlag av dårlege undersøkingar. Dei rådde til at WHO sette i gang eit hjelpeprosjekt for å redusere dei psykiske lidingane.

Tryggingsåtgjerder

Ekspertteamet la til grunn to prinsipp for dei tilrådingane dei ville gi:

- at åtgjerdene skulle ha meir positive enn negative verknader,
- at åtgjerdene for dosereduksjon måtte gi høgst mogeleg nettoutbytte.

Teamet fann at nokre av dei tiltaka som alt var gjorde, eller som var planlagde, låg i overkant av det ein burde gjere av stråleverns grunnar. Særleg var restriksjonane på matvarer og flyttinga av folk overdrivne, men ein burde vurdere om ei tilbakeflytting ville ha negative helseverknader. I det heile var ein redd for at radio-fobien, dvs. redsla og uvissa om strålefaren, var så utbreidd at ei lette i restriksjonane og åtgjerdene sannsynlegvis ville ha negativ verknad.

Reaksjonar på rapporten

Reaksjonen hos fagfolk og i fagtidsskrift har med visse unntak vore svært positiv. Reaksjonane frå Sovjet-hald er blanda, om ein skal døme etter det som skjedde då rapporten vart lagd fram i Wien. Sjefen for klinikken i Moskva som hadde behandla dei med akutt stråleskade var svært glad for rapporten, som ho såg som ei verdifull støtte for deira eige arbeid. Ho kunne ikkje forstå oppførslen til medisinske kollegaer i dei andre republikkane som hadde hevda at alle sjukdomar i dei kontaminerte områda hadde si årsak i radioaktivt nedfall frå Tsjernobyl. Som ein av dei få spesialistane med erfaring frå strålingssjukdom var ho forferda over at andre legar ikkje tok omsyn til denne erfaringa. Men i pressekonferansen i Wien tok delegatane frå republikkane Ukraina og Kviterussland oppatt påstandane om skadar som viste seg i blodsirkulasjonen, immunsystemet, skjoldbruskkjertelen og seksuell oppførsel. Som støtte for dette vifta den ukrainske representanten med ei raud notisbok. Til dette svara IAEAs representant at dei gjerne såg at vel dokumenterte rapportar om dette vart publiserte. Han sa og at rapporten var byrjinga på eit langt granskingsprogram som WHO hadde løyvt 20 millonar dollar til.

Rapporten som ligg føre er på meir enn 1.000 sider. I den samanfattande rapporten blir det gong på gong understreka at dei undersøkingane som ligg til grunn for rapporten enno ikkje er vidfemnande nok til å dra sikre konklusjonar. For meg var det difor uventa å høyre ein kommentar i NRK frå ein norsk radiokjemikar alt dagen etter at rapporten vart frigjeven, som gjekk på at rapporten var for kategorisk i sine konklusjonar. Eg tvilar på at vedkomande har lese rapporten. Generalsekretæren i Norges Naturvernforbund avviste rapporten med at den var eit bestillingsverk frå IAEA. Eg synest at denne påstanden er nærmast injurierande overfor dei fagfolka som har arbeidd på prosjektet. Same mannen meinte dessutan at IAEA burde nedleggast. Mange vil vel heller meine at IAEA har gjort seg stor forteneste ved dette prosjektet.

Referansar

1. The International Chernobyl Project: *An overview.* IAEA Wien **1991.**
2. The International Chernobyl Project: *Asessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures. Conclusions and recommendations of a report by an international advisory committee.* IAEA/PI ID4E, May **1991.**
3. The International Chernobyl Project: *Surface Contamination Maps.* IAEA Wien **1991.**

∞

Skriv i FFV

Status og planer for utvikling av romrelatert undervisning

Bjørn Landmark *

Norsk Romsenter (NRS) har utarbeidet en nasjonal langtidsplan for romvirksomhet. Det fremgår av denne at forskning og undervisning vil være et viktig hjelpemiddel for å nå de oppsatte mål for utviklingen av vår romvirksomhet.

Virksomheten er i sin natur tverrfaglig og i sterk grad teknologiavhengig. Det vil være viktig å styrke undervisningen innen en rekke teknologiske fagfelt. For den mer grunnforskningspregede virksomhet, vil, i tillegg til de klassiske fag (astrofysikk og kosmisk fysikk), elementer av romrelatert virksomhet (fjernmåling og mikrogravitasjonsforskning) i økende grad få betydning innen en rekke fagfelt.

Elementer av romrelatert undervisning bør i økende grad fremover også inngå i undervisningsopplegget for grunnskolen og den videregående skolen.

Status og planer for utvikling av virksomheten er beskrevet.

Grunnskolen og den videregående skolen

Høsten 1988 ble det etablert et *undervisningstilbud i romteknologi ved Andøy videregående skole* gjennom et samarbeid mellom Andøya Rakettskytefelt, RVO og kommunen. 12 elever ble tatt opp den første høsten, og en plangruppe ble oppnevnt av RVO til å fastlegge studieplan og pensum.

Planleggingen av kurset er styrt av to hovedhensyn. For det første skal elevene ha gjennomført kurset VKI Elektronikk, og for det andre skal elevene som gjennomfører VKII Romteknologi kunne fortsette ved Hjalmar Lundblads skolan i Kiruna på videregående romingeniør utdanning, og om ønskelig fortsette til siv.ing. utdanning ved et svensk universitet.

Elevene som har fullført VKII Romteknologi, har altså ikke generell studie-kompetanse for å fortsette ved norske universiteter eller høgskoler. Derfor har planleggingsgruppen tatt initiativ overfor Departementet til å bygge ut tilbudet på Andøy videregående skole til å omfatte et 4. år, eller VKIII. Dette er tenkt gjennomført i samarbeid med Narvik Tekniske Høgskole. Ved fullført VKIII Romteknologi, kan elevene velge å fortsette studiet enten ved universiteter eller høgskoler.

Et pilotprosjekt for å få testet hvordan daglige satellittbilder kan utnyttes i undervisningen, er også satt igang. Prosjektet er basert på et samarbeid mellom NRS (prosjektleder Guro Dahle Strøm) og Grunnskolerådet. Det ble startet vårsemesteret 1991 for 8. klasse ved to ungdomsskoler, Gjettum skole, Bærum, og Andenes ungdomsskole, Andøya.

De to ungdomsskolene får tilgang til satellittbildene på forskjellig måte, og kvaliteten av bildene blir dermed også ulik. På Gjettum er det etablert en enkel nedlesestasjon for NOAA-satellittene, mens Andenes får sine NOAA-bilder via Tromsø Satellittstasjon (TSS).

Evalueringskriterier er satt opp, og skolelaboratoriet ved Universitetet i Oslo er behjelpelig med observasjoner i klassene, rapportskriving, evaluering og konkludering.

Følgende prosjekter bearbeides eller vurderes:

- utarbeiding av et landsomfattende tilbud for *"satellittbilder i undervisningen"* basert på resultatene fra pilotprosjektet beskrevet ovenfor.
- etablering av et pilotprosjekt for skoleåret 1992-93 for den videregående skole over emnet *"satellittenes rolle i miljø-forskning og -overvåking"*. Dette vil bli gjennomført som et valgfagsemne ved 1 eller 2 utvalgte skoler.
- *utarbeiding av materiell* for bruk i undervisningsoppleggene for fag hvor den romrelaterte virksomheten kommer inn.
- *Brosjyren "Bruk av satellittdata"*, som ble utarbeidet av NRS i 1987, kan nevnes som et eksempel på et tiltak som er blitt meget godt mottatt, og som er blitt benyttet til undervisningen i den videregående skole.

Det er viktig at den romrelaterte virksomheten finner sin plass i nye lærebøker som utarbeides, og NRS vil kunne assistere forfattere av slike med råd, litteratur, illustrasjoner etc.

Universitetene og høgskolene

Fagfeltene astrofysikk og kosmisk fysikk er i sin natur romrelaterte, og såvel forsknings- som undervisnings-kompetansen er allerede godt utbygget. Betydningen av romforskningen for undervisningen på cand.scient.- og dr.scient. nivå i astrofysikk ved Universitetet i Oslo, understrekes av at over halvparten av kandidatene har romforskning som spesialområde.

Undervisningsopplegget ved Universitetet i Tromsø viser et godt samarbeid mellom de to fagfeltene kosmisk fysikk (inklusive plasmafysikk) og astrofysikk. Også ved Universitetet i Oslo vurderes mulighetene for felleskurs.

Spesielt innen kosmisk fysikk er det et betydelig teknologisk innhold i virksomheten. Ved Universitetet i Bergen er det etablert en egen studievei innen teknologisk orienterte studier.

Jordobservasjon inngår i geofagene i kursoppleggene ved NTH, ved Uni-

*Norsk Romsenter. Professor II ved Fysisk institutt, UiO, og for tiden ambassaderåd i Paris.

versitetet i Oslo og ved Landbrukshøgskolen. En styrking av stillingsstruktur og relevant utrustning er nødvendig for at miljøene skal kunne gi tverrfaglig undervisning opp til cand.scient.-, dr.scient.- og dr.ing. nivå.

Ved Universitetet i Bergen holdes kurs i maritim fjernmåling og fjernmålingsteknikker i meteorologi. Ved Universitetet i Tromsø undervises det i signalanalyse/billedbehandling med kurs i signalanalyse, deteksjonsteori og billedbehandling. Ved begge institusjonene er undervisningsvirksomheten knyttet sammen med en forskningsvirksomhet som muliggjør opplegg for cand.scient.- og dr.scient. studier.

Det nye undervisningsmiljøet på Kjeller, UNIK, vil kunne gi vesentlig bidrag til 2. avdelingstudier.

For forskning under mikrogravitasjon er det en virksomhet ved Universitetet i Trondheim innen biofagene. Det finnes imidlertid ikke dedikerte kurs, og det vil være en viktig oppgave å få klarlagt hvorden et undervisningstilbud kan utvikles.

Det vil være behov for spesielle tiltak, og et arbeidsmøte med deltakelse av utenlandske eksperter vil bli arrangert vinteren 1991/92 for å definere behov og muligheter for tiltak for å styrke undervisningen innen mikrogravitasjon.

For de tekniske fagområdene inngår elementer av romrelatert undervisning i flere av de eksisterende tilbud, men det er behov for å styrke kompetansen på flere felt.

Et kurs i romteknologi som blir gjennomført i løpet av en uke, med 8 timers forelesning og øving pr. dag, har vært forelest ved NTH i flere år (professor Gunnar Stette). Dette kurset danner kjernen i et *nytt kurs i romteknologi* som ble gjennomført første gang sommeren 1990 og gjentatt sommeren 1991, i et samarbeid mellom NRS, universitetene i Bergen, Oslo og Trondheim, samt NTH. Kurset, som gjennomføres ved Andøya Rakettskytefelt, er et 2 ukers kurs i 300-gruppen med 2 vekttall.

Videreutdanning ved utenlandske universiteter og institusjoner vil være et viktig hjelpemiddel innen alle berørte fagfelt, men det er innen de tekniske områdene vi har kommet best igang de senere årene. Et stipend-program ble etablert av NRS sommeren 1988, og 6 norske sivilinge-niører har fått en 1-års utdanning i USA gjennom dette. En av disse gjennomfører en doktorgradsutdanning ved University of Colorado med NTNF-stipend.

Sommeren 1989 ble det også etablert et samarbeidsprogram mellom NRS, NTNF (prosjektansvarlig Elsa Boon) og den franske undervisningsorganisasjonen FIAS (Formation Internationale Aeronautique et Spatiale). Gjennom dette programmet har:

- 2 kandidater tatt den franske grad Mastere-Superieure ved den kjente læreanstalt SUP'AERO i Toulouse.
- 5 kandidater gått igang med studiene mot den samme grad.
- og endelig har 4 kandidater valgt et studieopplegg rettet mot en fransk doktorgrad.

Det er interessant at også NTH har etablert et samarbeid med SUP'AERO som vil gjøre det mulig for inntil 5 studenter fra NTH hvert år å ta en del av sitt studium ved SUP'AERO, hvorav inntil 4 kan ta sitt avsluttende diplomarbeid. Toulouse er en by rik på romrelaterte bedrifter og institutter med gode forutsetninger for å tilby diplom-, Mastere- og doktorgrads-oppgaver av høy kvalitet.

Det vil fortsatt være plass for samarbeidsprogrammet mellom NTNF, NRS og FIAS, men etterhvert som samarbeidet mellom NTH og SUP'AERO blir utbygget, vil vi prioritere kandidater:

- som sikter mot å gjennomføre en doktorgradsutdanning i Frankrike, eller
- som har et etablert samarbeid med en norsk bedrift om et Mastereopplegg.

Utover virksomheten beskrevet ovenfor, er det trolig en håndfull nordmenn som gjennomgår en videreutdanning innen romrelaterte fagområder ute, med støtte fra NAVF, NTNF og andre.

Til slutt vil jeg nevne et ESA-program som vi i økende grad har gjort bruk av, nemlig det såkalte "traineeprogammet". Dette muliggjør ett års opphold ved en av ESAs installasjoner. Erfaringene fra dette programmet er meget gode. Det har resultert i at norske bedrifter har fått medarbeidere med en meget verdifull erfaring, og ikke minst som kjenner ESA-systemet. Det har også resultert i at ESA har rekruttert norske medarbeidere til sin stab.

∞

ERRATA

I referatet fra Rondablikkmøtet 1990 av Olav Steinsvoll (FFV **2** 1991, s.46) er det en feil i figur 1. Den korrekte figur med tekst skal være:

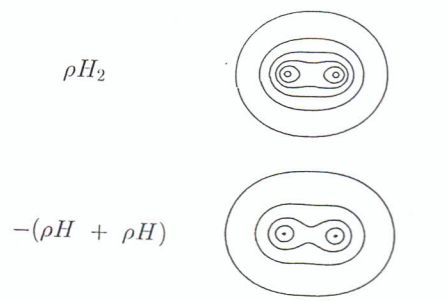


Fig.1a. Viser nivådiagram av den beregnede elektrontettheten i hydrogenmolekylet (øverst) og summen av elektrontetthetene for to frie hydrogenatomer (nederst) plassert i samme kjerneavstand som i hydrogenmolekylet.

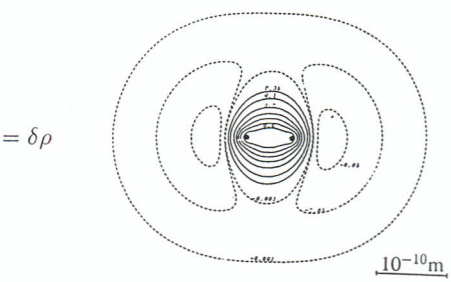


Fig.1b. Trekkes elektrontetthetene i nedre halvdel av figur 1a fra tetthetene i øvre halvdel, fås differansetetthetsdiagrammet vist i denne figuren. Vi ser at det skjer en opphoping av positiv elektrontetthet i mellomrommet mellom hydrogenatomene når atomene forenes til et H_2- molekyl.

∞

Rondablikk-seminar i kondenserte fasers fysikk og kjemi, 1991

O. Steinsvoll *

Når en blir eldre, blir det så kort fra jul til jul, sies det, og jammen er det blitt kort mellom hvert Rondablikk-seminar også! Seminaret (fra 19. til 22. sept.) samlet i år 47 deltakere, pluss ektefeller og småbarn (i alderen fra 4 uker til 6 mndr). Det ble holdt 4 oversiktsforedrag om ulike emner. I tillegg var det et prisforedrag og 27 korte bidrag fra forskingsgruppene. En kveld med tindrende stjerner ble alt utelys slukket ved hotellet, og hele møtelyden gikk ut med stjernekart og prøvde å orientere seg på himmelhvelvet. Nedenfor skal vi omtale et par av oversiktsforedragene. De andre skal vi komme tilbake til i neste nummer av FFV.

Magnetiske strukturer hos sjeldne jordarter

Det første oversiktsforedraget var ved professor Allan Mackintosh fra Ørsted-institutet i København. Han fortalte om magnetiske strukturer og eksitasjoner hos de såkalte "sjeldne jordarter", der en har funnet nye løsninger på gamle problem når det gjelder de magnetiske ordningsforholdene. Før vi går inn på Mackintosh sitt foredrag, bør vi ta en titt på hva begrepet "sjeldne jordarter" inneholder. Et annet navn er lantanidene. De skjuler seg i "skuffen" bak elementet ^{57}La i det periodiske systemet, se figur 1. For å si det litt kort på en kjemisk uttrykksmåte, er det de trivalente 4f-overgangselementene. De er verken sjeldne eller særlig "jordaktige", og er alle sammen av metalltypen. En stor del av dem oppviser ordnet ferromagnetisme, særlig de aller tyngste av dem, slike som Gd, Tb, Dy, Ho og Er. Magnetismen i dem skyldes de ufullstendig oppfylte 4f-elektronskallene. Men det er ikke bare elektronspinnene som bidrar. Hvert atom bærer et svært stort magnetisk moment,

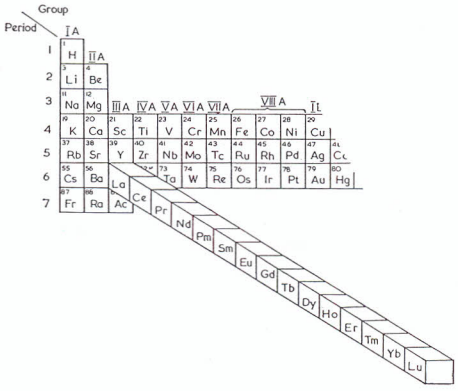


Fig.1. Det periodiske system for elementene i nærheten av serien med de 14 såkalte "sjeldne jordarter". De gjemmer seg i "kommodeskuffen" bak lantan (La).

noe som skyldes den sterke spinn - bane koplinga i disse metallene. Denne vekselvirkninga bestemmes av Hunds regler som sier at i grunntilstanden for et atom vil de enkelte elektronenes spinn (s=1/2) samvirke slik at det totale spinn, S, blir *størst mulig* samtidig som det totale banemoment, L, for de samme elektronene også prøver å bli *størst mulig*. For de lette elementene i serien vil likevel S og L sette seg sammen slik at det totale moment, J, blir *minst mulig*: J = L - S; mens det for de tunge elementene prøver å bli *størst mulig*: J = L + S. Elementene Ho og Dy bærer det høyeste magnetiske moment per volumenhet av alle elementer - 50% høyere enn jern!

Den mest foretrukne kjemiske struktur blant dem er heksagonal tetteste kulepakning, hcp, der a og b er akser i basisplanet, og c er en akse normalt på dette. Hver atomplass kan nå tillegges et magnetisk moment, J, som vi tenker oss som en liten pil. På det kjemiske skjelettet hcp, finner vi eksperimentelt en hel "zoologisk hage" av ulike ordningsmønstre av alle disse pilene, - ikke bare enkel ferromagnetisme, men også sinus- og spiral- formete mønstre,

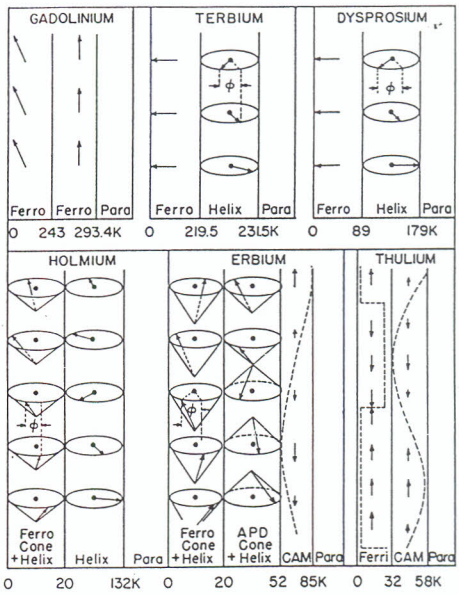


Fig.2. Skjematisk framstilling av de magnetiske strukturene (mønstrene) hos de sjeldne jordarts-elementene for ulike temperatur-intervaller. Mønstrene er funnet ved nøytronspredning fra énkrystaller ved å studere oppførselen til magnetiske satellitt-refleksjoner i nærheten av hovedrefleksjoner.

se figur 2. Dette kan tilbakeføres til den gradvise oppfyllinga av 4f-skallet fra element til element. 4f- elektronene er nærmere atomkjernen enn 5d- og 6s-elektronene, og den direkte vekselvirkninga mellom slike 4f-elektroner på naboatomer er svært liten. En har derfor prøvd å utvikle teorier for slik vekselvirkning ved å tenke seg en indirekte effekt mellom 4f-elektronene formidlet av ledningselektronene. Dessuten vil krystallfeltet spille inn og prøve å rette inn atom-momentene i bestemte krystallretninger. Alle disse magnetiske ordningsmåtene er blitt funnet ved hjelp av magnetisk nøytronspredning i 1960-åra,

*Institutt for energiteknikk, Kjeller.

særlig av gruppa rundt W. Koehler ved Oak Ridge laboratoriet.

Mackintosh konsentrerte seg om forholdene for elementet Ho. En kan utvikle formler for 4f - 4f vekselvirkning, og vise at den er særlig stor for et periodisk mønster med en bølgevektor, **Q**, som gjerne er inkommensurabel med atomgitteret og er svært anisotrop. Dette kommer av at sannsynlighetsfordelinga av elektroner i 4f-tilstander i seg sjøl er svært anisotrop, se figur 3. Koehler-gruppa fant i 1960-åra en spiralstruktur der de magnetiske momentene ligger i

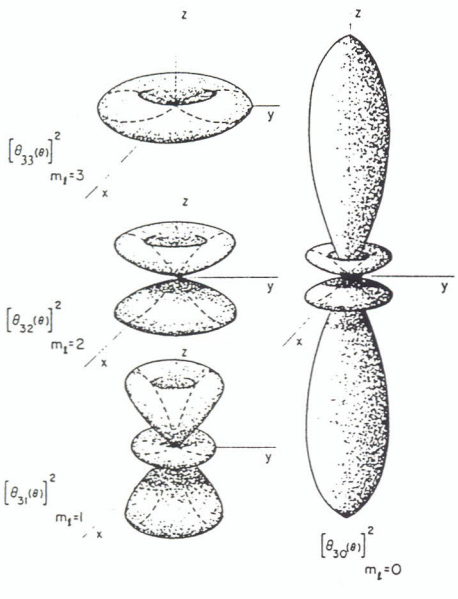


Fig.3. Sannsynlighetsfordelinga $[\theta_{lm}(\theta)]^2$ av elektroner i ulike 4f-tilstander.

basisplanet. Ved tilstrekkelig lave temperaturer opptrer også en ferromagnetisk komponent langs c-aksen, altså en slags konus, se figur 2 igjen. Oppførselen til de magnetiske nøytron- refleksjonene når prøva var i et magnetisk felt langs forskjellige akseretninger, viste seinere at en i tillegg måtte anta at de magnetiske vektorene samlet seg i ei slags vifteform, figur 4. De nyeste undersøkelsene er blitt gjort ved hjelp av magnetisk røntgenspredning (synkrotronstråling). En har funnet flere fasediagram for hvordan mønstret oppfører seg i et magnetisk felt med forskjellig retning (H || a-, b- og c- aksene) når temperaturen endrer seg.

Teorien for disse fenomenene er blitt meget komplisert. Der har en ikke bare innført begrepet "heli-fan", men også "spin-slip", anisotrop kopling mellom ioner osv. Eksitasjonene i form av spinnbølger i slike systemer er blitt et kapittel for seg. Dess mer en opp-

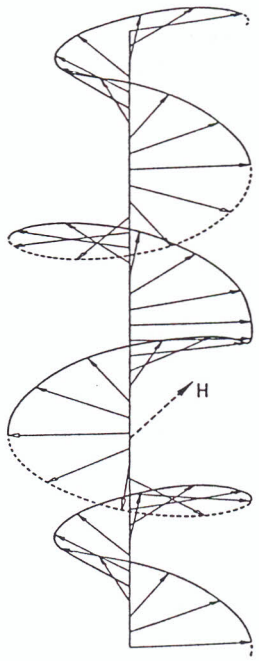


Fig.4. Den magnetiske strukturen "heli-fan 3/2" for elementet holmium ved 50 K. De magnetiske momentene ligger vanligvis i basalplanet, normalt på c-aksen, og danner en helix (skrue), se figur 3. Et felt på H=11 kø blir så satt på i basalplanet: De magnetiske momentene danner da et nytt mønster med en repetisjons-periode på 3/2 av den magnetiske skruens periode langs krystallens c-akse. Skruestigninga endres samtidig etter et jamnt mønster i c-retninga.

klarer forholdene for en type fenomener, desto mer blir igjen å forklare av andre fenomener!

Tunnel-mikroskop og atomærkraft-mikroskop, STM og SFM

I slutten av 1970-åra utviklet Binnig og Rohrer en ny type "mikroskop" som kan "se" atomer ved hjelp av en enkel elektromekanikk. Ved Universitetet i Aarhus har de utviklet og bygd to ulike typer av dette mikroskopet, ett som kan anvendes for ledende materialer og et annet som passer for isolatorer. Professor Ivan Steensgaard fortalte om problemene ved slike konstruksjoner og hvilke resultater de hadde oppnådd i Aarhus på dette feltet.

For å kunne "se" atomer må en kunne "føle" forhøyninger og fordypninger på rundt 0.1 Å, og sideveis må en ikke avvike mer enn 0.5 - 1 Å. En må altså kunne måle en hump tilsvarende 1 cm på en kuleflate med radius lik jordas radius. En nytter da en slags pick-up som stryker over overflaten som skal kartlegges. Den føres etter et gittermønster fram og tilbake og holdes i en regulerbar avstand opp fra selve flaten. Pickupen er en metallspiss som er festet til en piezoelektrisk keramisk krystall. Spissen plukker opp en tunnel-strøm som skyldes kvanteeffekter der elektroner hopper over (gjennom) et gap fra et besatt ledningsbånd i prøva til et ubesatt bånd i spissen. En har nemlig satt en spenning mellom prøva og spissen. En servomekanisme koplet til føringskrystallen kan holde denne strømmen, I_t, på et konstant nivå ved å finregulere størrelsen på avstanden mellom prøva og spissen.

En må kompensere for mekaniske vibrasjoner, termiske fluktuasjoner og elektronstøy, og en må holde hele apparatet under ultrahøyt vakuum. Servomekanismens utslag kan koples til en TV-skjerm, og en får derved et "bilde" av flaten som pick-up spissen stryker over, se figur 5 a og b.

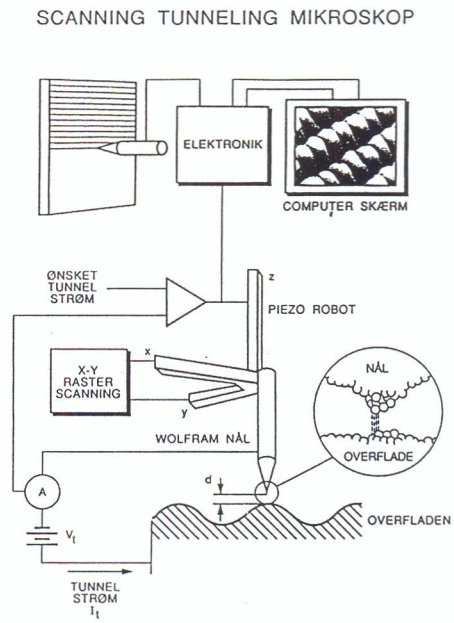


Fig.5a. Skjematisk framstilling av et tunnelmikroskop som kan sveipe over ledende overflater. En servomekanisme prøver å holde tunnel-strømmen, I_t, konstant. Mønstret av uregelmessigheter (f.eks. atomer) i overflata kan vises på en dataskjerm.

Gjennom en årrekke har en brukt forskjellige metoder for å studere overflater av énkrystaller av metaller og halvledere. Si krystalliserer i en diamantstruktur med kovalente bindinger mellom atomene, og de går ut i de 4 tetraeder-retningene. Sliper vi en Si-krystall slik at vi får fram en (111)-overflate, viser det seg at denne flata har helt andre egenskaper enn når den

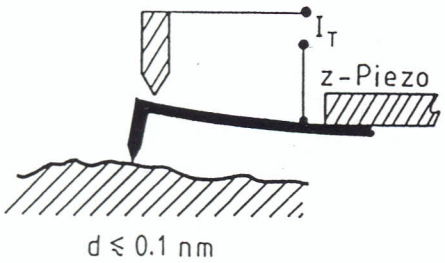


Fig.5b. Kontaktkraft-mikroskop som kan sveipe over ikke-ledende overflater. Den svarte bøyelige metallspissen "riper" bortover overflata, og forhøyningene gjenspeiles i endringer i tunnel-strømmen, I_t. Etter digitalisering kan strøm-signalet gi et bilde av overflata på en dataskjerm. En liknende innretning kan brukes til å måle krefter mellom atomer.

"oppholder seg" inne i krystallen. Si-atomene i overflata regrupperer seg nemlig i et 7x7 mønster der enhetscella i overflata altså er 7 ganger større i begge retninger enn enhetscella i den indre flata. Ved hjelp av STM har en laget topografiske kart av slike flater og virkelig sett hvordan enhetscella ser ut, se figur 6. Tilsvarende kompliserte mønstre har en sett ved å dekke rene snittflater av f.eks. Cu med oksygenatom-lag under lave gasstrykk.

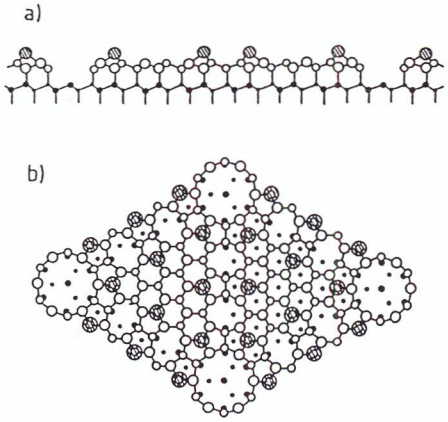


Fig.6. Si (111) 7x7 strukturen, a) sett fra sida, og b) sett ovenfra. En ser at de ytterste atomlagene på denne flata ordner seg på en helt forskjellig måte fra atomene i de indre delene av silicium énkrystallen.

En har også kunnet plassere enkeltatomer rundt på rene snittflater slik at de kan danne bokstaver eller bits ved hjelp av STM. Dette vil ha stor interesse for informasjonsteknologien. I overflater er tettheten av atomer omlag 10^{15} /cm^2, noe som tilsvarer 1.000 Tbit/cm^2! Med en slik tetthet ville en ha kunnet skrive hele Bibelen (5 Mbyte) på tverrsnittet av et hår.

I løpet av det siste året er et slikt STM apparat kommet i gang ved NTH, og for å kalibrere instrumentet har de også sett på Si (111) 7x7 strukturen. Anvendelsesområdene er mangfoldige. En kan altså studere den atomære topografien på overflater. Dette har betydning for utvikling av kjemiske katalytter. En kan se hvordan nye faser vokser fram på overflater som funksjon av tid og/eller temperatur. Innafor biologien vil en i framtida kanskje kunne bygge opp komplekse molekyler ved å plassere mindre enheter mot hverandre. En har allerede brukt SFM til å studere dynamiske biologiske prosesser, slik som inntrengning av virus i en celle, altså "in vivo" undersøkelser. Vi har allerede nevnt mulig bruk innafor informasjonsteknologi. Problemet her vil kanskje være hvordan en skal finne igjen informasjonene en har kodet inn på en overflate!

∞

Forstår fysikkelever i skolen elektriske kretser?

Jan Erik Nordtvedt og Per Vold *

I denne artikkelen vil vi presentere resultatene fra en større spørreundersøkelse hvor vi har undersøkt hvilken forståelse elever i den videregående skolen har av noen enkle, men fundamentale elektriske kretser. Omlag 350 elever i 2 FY og 3 FY ved 10 videregående skoler har deltatt.

Å ha en god forståelse av ulike elektriske kretsers virkemåte innebærer ikke bare at elevene er i stand til å anvende Ohms lov, Kirchhoffs strøm- (KCL) og spenningslov (KVL) i tradisjonelle regneoppgaver, (d.v.s. å kunne beregne alle strømmer og spenninger for en gitt krets kvantitativt), men også at de er i stand til å kunne prediktere kvalitativt hva som skjer med strømmer og spenninger i kretsen når en av komponentene i kretsen varieres. Vi har i denne undersøkelsen lagt spesiell vekt på å undersøke den kvalitative forståelse elever har av strøm- og spenningsdeling. Vi har erfaring fra egen undervisning for at elever har store problemer med å mestre slike oppgaver og viser også til en tidligere artikkel i FFV[1]; slike oppgaver er vanskeligere enn vi tror!

Hensikten med denne undersøkelsen har vært å skaffe til veie et tilstrekkelig godt datagrunnlag for å kunne lokalisere hvor elevene har vanskeligheter og hva vanskelighetene består i. Resultatene har vi brukt som utgangspunkt for utvikling av et interaktivt pedagogisk program[2]. Dette programmet skal vi i kommende skoleår teste ut på nye elever for å se om det kan brukes som et effektivt pedagogisk hjelpemiddel i undervisningen og dermed lette innlæringen for den enkelte elev.

Spørreskjemaet og filosofien bak det

Undersøkelsen ble gjennomført i juni 1990, og elevene ble delt inn i to omtrent

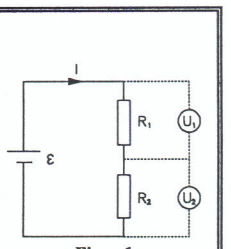
*Sjøkrigsskolen, Postboks 25, N-5034 Ytre Laksevåg

like store grupper, heretter kalt gruppe 1 og gruppe 2. Et utvalg av de spørsmål som ble stilt i undersøkelsen, er vist i tabell 1. Gruppe 1 fikk alle spørsmålene, mens gruppe 2 fikk en forkortet versjon av spørreskjemaet som kun inneholdt spørsmålene fra den sammensatte kretsen, d.v.s. f.o.m. spørsmål nr.15. Et av poengene med en slik oppdeling var å undersøke om det kunne være noen forskjell på resultatene i de to gruppene, og om elevene i de to gruppene resonnerte likt eller forskjellig.

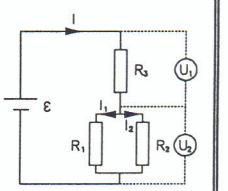
Som det fremgår av tabell 1, går den første halvdelen av spørsmålene ut på å undersøke i hvilken grad elevene klarer å anvende KVL riktig, både kvantitativt og kvalitativt, på den enkle lukkede kretsen i fig.1. Den siste halvdelen går ut på å teste elevene både på KVL og KCL med den sammensatte kretsen (spennings-delerkretsen) i fig.2. Vi valgte også å vise for elevene at den sammensatte kretsen kunne erstattes med den enkle lukkede kretsen i fig.3 uten at vi antydet når, og for hvilke spørsmål, de burde bruke den. Vi mener imidlertid at spørsmålene om hovedstrømmen I og spenningen over parallellkoplingen U_2 for den sammensatte kretsen, blir enklere å løse ved å bruke erstatningskretsen.

I et sammensatt fysisk problem, som spenningsdelerkretsen er et eksempel på, vil en dynamisk forandring av en fysisk størrelse føre til at mange andre fysiske størrelser varierer samtidig. Hvordan skal et slikt problem angripes? Hvilken størrelse bør man undersøke først? Hva gjør vi som lærere som har løst tilsvarende problem mange ganger? Prøver vi ikke å reformulere problemet slik at det blir enklere å løse? Dersom det er flere størrelser som varierer samtidig, er ikke den generelle regel at det gjelder å undersøke virkningen til en i gangen? Resonnementskjeden må følgelig inneholde struktur og sammenheng. Vi har med andre ord innebygget en underliggende generell kunnskapsstruktur som gjør oss i stand til å implementere en eksplisitt metode for å løse et gitt problem. Hvordan har så vi lært oss dette? Er det ikke gjennom lang og systematisk trening? Elevene derimot har i utgangspunktet ikke denne kunnskapen. Den må læres, og det står svært lite om den i lærebøkene. Spørsmålet er: Hvordan tenker elevene når de skal løse et sammensatt problem? Hvordan bygger de opp sitt resonnement? Har de noen plan

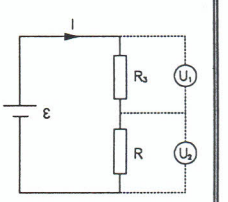
Figur 1 viser en seriekopling i en likestrømskrets				
Nr.	Spørsmål	Alt.1	Alt.2	Alt.3
3	Sett kryss i ruten ved riktig ligning (U_1 og U_2 er voltmetre).	$\mathcal{E}=U_1+U_2$	$U_1=U_2+\mathcal{E}$	$\mathcal{E}=U_1+2U_2$
6	Hvor stor blir spenningen U_2 over R_2 når R_1=100Ω, R_2=200Ω og $\mathcal{E}$=3V	6V	1V	2V
7	Hvilket av disse uttrykkene er riktig	$U_2=\frac{R_1}{R_1+R_2}\mathcal{E}$	$U_2=\frac{R_2}{R_1}\mathcal{E}$	$U_2=\frac{R_2}{R_1+R_2}\mathcal{E}$
10	Hva skjer med I når R_2 økes	Øker	Avtar	Ingenting
11	Hva skjer med $\mathcal{E}$ når R_2 økes	Øker	Avtar	Ingenting
12	Hva skjer med U_2 når R_2 økes	Øker	Avtar	Ingenting
13	Forklar ditt valg for sp. 12			
Kretsen i fig.2 kan erstattes med kretsen i fig.3				
Nr.	Spørsmål	Alt.1	Alt.2	Alt.3
15	Hva blir resultantresistansen i parallellkoplingen når R_1=4Ω og R_2=6Ω	2.4Ω	10Ω	5Ω
16	Hvilket av disse uttrykkene er riktig	$R=R_1+R_2$	$R=\frac{R_1+R_2}{2}$	$R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$
17	Hvilke(t) av disse utrykkene er rigtig(e)	$U_2=R_3I$	$R_2I_2=R_1I_1$	$\mathcal{E}=(R_1+R_2+R_3)I$
Vi lar nå R_2 i fig.2 øke.				
18	Hva skjer med R	Avtar	Øker	Ingenting
19	Hva skjer med I	Avtar	Øker	Ingenting
20	Hva skjer med U_2	Avtar	Øker	Ingenting
21	Forklar ditt valg for sp.20			
22	Hva skjer med I_1	Avtar	Øker	Ingenting
23	Hva skjer med I_2	Avtar	Øker	Ingenting
24	Forklar ditt valg for sp.23			
25	Hva skjer med $\mathcal{E}$	Avtar	Øker	Ingenting



Figur 1



Figur 2



Figur 3

Tabell 1. Tabellen viser et utvalg av de spørsmål som ble stilt i undersøkelsen.

og strategi for hvordan det skal gjøres? Vel, la oss se på hva resultatene av undersøkelsen vår sier om dette.

Drøfting av resultatene

Å kunne velge KVL riktig ut blant 3 alternativer klarer hele 90% av elevene for kretsen i fig.1. At de vet det formelle inneholdet av den, er tydelig. Den riktige svarprosent synker imidlertid til omlag 70 når det gjelder å kunne fastlegge at spenningen over R_2 er 2V når R_2 =200Ω, R_1 =100Ω og ϵ = 3V.

I neste spørsmål skulle så elevene velge ut den riktige formel for spenningen U_2 over R_2. Da falt den korrekte svarprosenten til ca. 56. Disse resultatene er illustrert i fig.4. Figur 4 viser også at elevene synes å ha en intuitiv forståelse av at U_2 vil øke når R_2 øker (se sp. nr.12), idet omlag 70% av dem svarer riktig på dette spørsmålet. At denne forståelsen er temmelig overflatisk, avsløres av resultatet i det neste spørsmålet, hvor vi ber om en forklaring på grunnen til at U_2 øker (se fig.4 sp.nr.13). Av de 115 som svarte riktig på at U_2 økte, er det kun 18 elever (11% av elevene totalt) som er i stand til å gi en tilfredstillende begrunnelse. Dessuten synes det som om det bare er de aller beste elevene som behersker et resonnement som mange sikkert mener må være enkelt. Men er det det? For elevene synes det å være vanskelig. Elevene har nemlig ikke noe klart bilde av hvilke størrelser som varierer og hvilke som er konstante. De trekker raskt den slutning at U_2 øker når R_2 øker, og begrunner det med Ohms lov uten å vurdere hvilke andre størrelser som måtte variere. Mange gjør riktignok først den feil at de sier at hovedstrømmen I er konstant og unngår

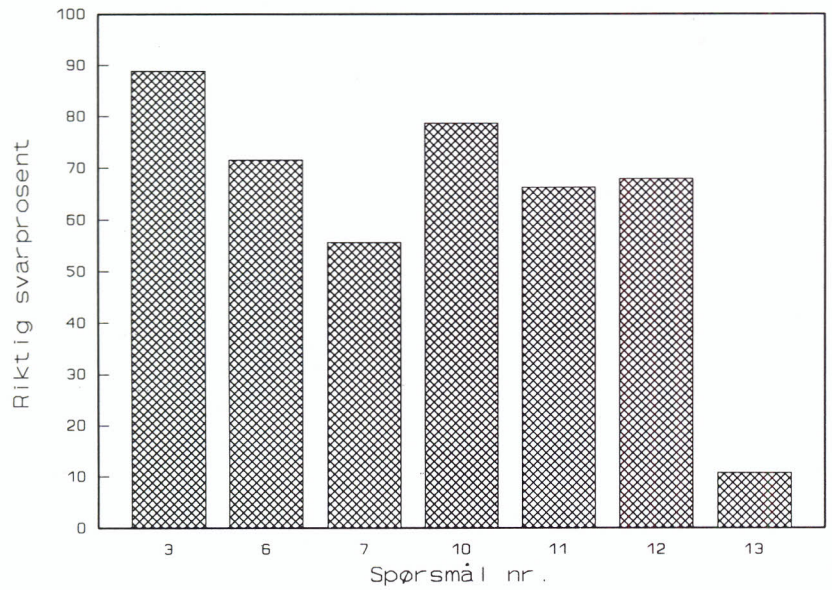


Fig.4. Figuren viser riktig svarprosent for gruppe 1 på spørsmålene 3, 6, 7 og 10 til 13.

dermed problemet med 3 størrelser som samtidig varierer når de anvender Ohms lov. Andre klarer ikke å takle dette med 3 størrelser som varierer samtidig. Noen mener at R_2 og I er omvendt proporsjonale, og som følgelig medfører at U_2 må være konstant, mens andre vikler seg inn i selvmotsigelser. I sin argumentasjon for at U_2 skal øke, sier de at I er konstant selv om de i spørsmålet foran har svart at I avtar. Noen sier riktignok at I minker mindre enn R_2 øker, som jo er riktig, uten at de går nærmere inn på hvorfor. å gå veien om at U_1 må minke, for så å slutte at U_2 må øke, klarer altså bare 11% (18 av 169) av elevene.

Disse problemene blir enda mer markante når vi studerer resultatene for den sammensatte kretsen som er vist i fig.5. Vi ser for det første at gruppe 1 svarer bedre på at spenningen U_2 over parallellkoplingen øker enn gruppe 2; riktige svarprosenter er på henholdsvis 57 og 44. Når det gjelder forklaringen på hvorfor U_2 øker, er forskjellen på de to gruppene enda større. Blant de elevene som fikk alle spørsmålene (gruppe 1) klarte 13 (ca.8%) å gi en fullstendig riktig begrunnelse på hvorfor U_2 øker, mens kun 4 (2,3%) i gruppe 2 (de elevene som kun fikk spørsmål fra den sammensatte kretsen), var i stand til å gjennomføre det samme resonnementet. Selv om det er få elever som har klart spørsmålet i begge gruppene, tyder dette resultatet på en signifikant forskjell mellom de to gruppene. Av de 13 som argumenterte riktig i gruppe 1, hadde 11 også løst det tilsvarende spørsmål for den lukkede kretsen i fig.1 (sp. nr.13). De har brukt samme type argumentasjon i begge tilfeller. De forenkler den sammensatte kretsen til erstatningskretsen i fig.3 og bruker så den i sin videre argumentasjon.

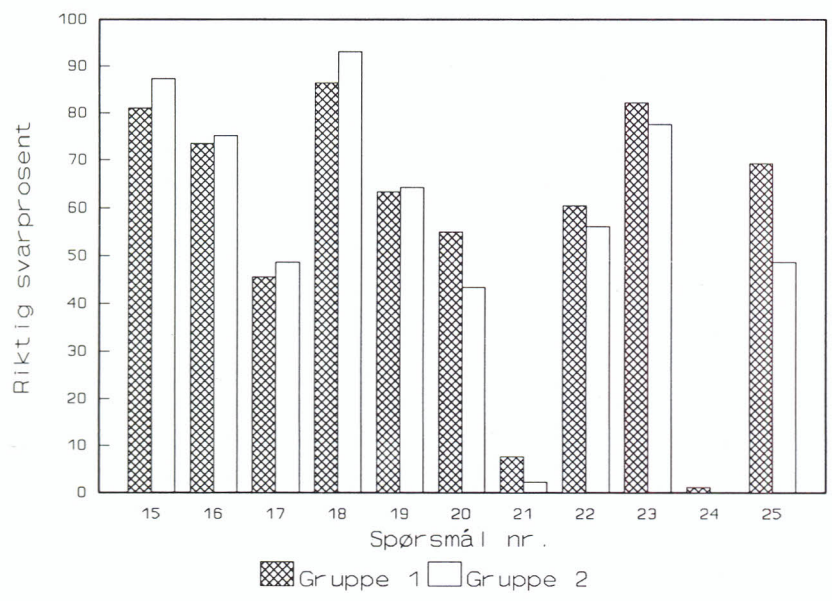


Fig.5. Figuren viser riktig svarprosent for både gruppe 1 og 2 på spørsmålene 15 til 25.

En mulig tolkning av dette er at de, siden de i større grad forenkler problemet når de løser den sammensatte oppgaven, er blitt hjulpet i å strukturere tankegangen. De skjønner poenget med erstatningskretsen, og får dermed tips om hvordan de skal angripe problemet. På den andre siden, hadde nesten alle de elevene som ble presentert direkte for den sammensatte kretsen, ingen strategi for hvordan de skulle angripe problemet, og de klarte det heller ikke. Også for denne kretsen var den mest vanlige feil som ble gjort, å anta at hovedstrømmem I var en konstant og så bruke Ohms lov til konkludere med at U_2 øker når R_2 øker.

Når det gjelder hvilke elever som svarte riktig på dette, kommer det tydelig fram at det kun var de aller flinkeste elevene - gjennomsnittskarakteren blant disse var 4.8 både i gruppe 1 og 2, og ingen hadde dårligere karakter enn 4, mens snittet for alle elevene var 3.8. Ved å splitte elevene i 2FY og 3FY hver for seg, viser det seg at i begge gruppene er det relativt betydelig flere som klarer spørsmålet i 3FY enn i 2FY.

Det mest krevende spørsmålet i hele spørreundersøkelsen viste seg å være forklaringen på hva som skjer med strømmen gjennom R_2 når R_2 øker (se sp. nr.23, 24 og fig.2). Mens hele 80% av 350 elever synes å ha en intuitiv forståelse av at I_2 må avta, klarer kun 2 elever å gi en skikkelig begrunnelse på hvorfor I_2 avtar. Dette er også vist i fig.5. De fleste av de som som prøver seg på en begrunnelse bruker argumentet om at strømmen tar den letteste vei. Siden motstanden øker, må jo strømmen avta, sier de. Det er mulig at de ubevisst

tenker på Kirchhoffs strømlov (KCL) og bruker den uten at de tenker over det. De fleste har jo også svart riktig på at I_1 øker uten at de behøvde å begrunne det. Men istedenfor å si at I_1 øker som en følge av at U_2 øker, og så bruke KCL for å slutte at I_2 avtar, er den vanligste feilen at de igjen betrakter kretsen lokalt. For å få "riktig" svar på intuisjonen de har om at I_2 må avta, gjør mange samme resonnementsfeil som tidligere, nemlig å tro at U_2 må være en konstant. Flere av disse har imidlertid i spørsmålet like over svart at U_2 øker! Dette viser tydelig at resonnementene til elevene er fragmentariske og ufullstendige. De aller fleste synes ikke å ha noen systematisk løsningsstrategi med en indre struktur og sammenheng som bl.a. sjekker om svarene samlet sett er konsistente.

Oppsummering

Den viktigste konklusjonen vi trekker av denne undersøkelsen er at flervalgspørsmål uten krav til begrunnelse har svært liten verdi. Slike spørsmål gir ikke noen garanti for at elevene har en rimelig grad av forståelse. På de spørsmål hvor vi forlangte begrunnelse på svaralternativet, klarte bare et lite mindretall av elevene å gjennomføre et riktig resonnement. At ca. 8% av elevene i gruppe 1, mot kun ca. 2% av elevene i gruppe 2, kunne redegjøre for hvordan det gikk med spenningen U_2 over parallellkoplingen, tyder på at selve oppbyggingen av spørsmålene har avgjørende betydning når sammensatte resonnement skal innlæres. De elevene som var i stand til å forenkle problemet opplevde det dermed som lettere å løse.

For de aller fleste viser imidlertid resultatene at de mangler en systematisk plan for hvordan et sammensatt problem skal angripes og løses. Dette kom tydeligst til uttrykk når elevene skulle prøve å begrunne hvorfor I_2 ville avta når R_2 økte i den sammensatte kretsen i fig.2. Kun 2 av 350 greidde det,mens hele 80% klarte å velge riktig svaralternativ.

Konsekvenser - EDB-støttet læring

Hvordan skal vi klare å lære elevene å strukturere tankeprosessen slik at de blir bedre til å løse sammensatte problemer? Vi tror, som allerede nevnt, at det er viktig å trene elevene i å bygge opp et resonnement systematisk som bl.a. består i å forenkle problemet slik at det blir mer oversiktlig. Vi tror at grunnen til at så mange av elevene svarer dårlig på resonnementsspørsmål er at de i dag ikke får opplæring i dette, samtidig som de heller ikke får sjanse til å øve lenge nok til at de mestrer disse sammensatte, men viktige problemstillingene på en overbevisende måte. Dermed vil de ikke være i stand til å overføre slike resonnementskjeder fra ett fysisk problem til et annet.

På denne bakgrunn er vi av den mening at det er nødvendig å prøve å utvikle nye undervisningsmetoder som bedre tar hensyn til den enkelte elevs evner og anlegg enn tradisjonelle undervisningsmetoder kan gjøre. Vi mener videre at den enkelte elev bør få systematisk opplæring i hvordan man skal bygge opp og gjenomføre et sammensatt resonnement. Eller sagt på en annen måte, få systematisk trening i å utvikle generelle strategier som er effektive i forbindelse med problemløsning. Innlæringsmetoden må være slik at den stimulerer eleven til skikkelig vekselvirkning med lærestoffet på en strukturert måte, og den må videre bidra til kontinuerlig handlingsaktivitet fra elevens side tilstrekkelig lenge. Det betyr at sammensatte resonnementer må gjentas inntil de "sitter".

Vi har tro på at EDB-støttet læring vil være velegnet til dette. Vi har derfor nylig utviklet en pedagogisk programvare for elektriske kretser[2] som vi vil teste ut på ulike elevgrupper kommende skoleår.

Referanser

1. Per Vold, Fra Fysikkens Verden, **4**, 81, (1984)

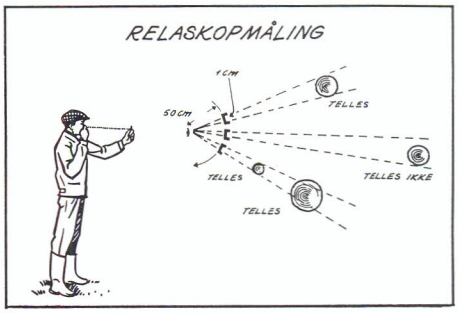
2. Geir Anton Johansen, Jan-Erik Nordtvedt og Per Vold, *Computer Aided Learning as a Tool in Teaching Electrical Circuits in High School and at the Universities* , Fysikermøtet i Trondheim, (1991).

∞

Trim i FFV

FFVT 4/91

For bestandsregistrering av skog er det vanlig å bruke et *relaskop* for å bestemme "grunnflatesummen", summen av stammetversnittene i brysthøyde. "I sin enkleste form består relaskopet av et 1 cm bredt sikteskur som anbringes nøyaktig 50 cm fra øyet. Du står på ett sted og sikter mot brysthøyden på hvert tre. Tell med alle trær som er så store at de minst dekker åpningen i sikteskuret. Trær i alle retninger telles med, uavhengig av avstanden (se figur). Antall telte trær i en



full sirkel gir deg grunnflatesummen uttrykt i m^2/hektar (med bark)." (Sitatet og figuren er hentet fra K. Nedkvitne, T.H. Bjørnstad og T. Refsdal: *Skogbrukslære*, 4. utg., Landbruksforlaget, Oslo 1990.)

Forklar!

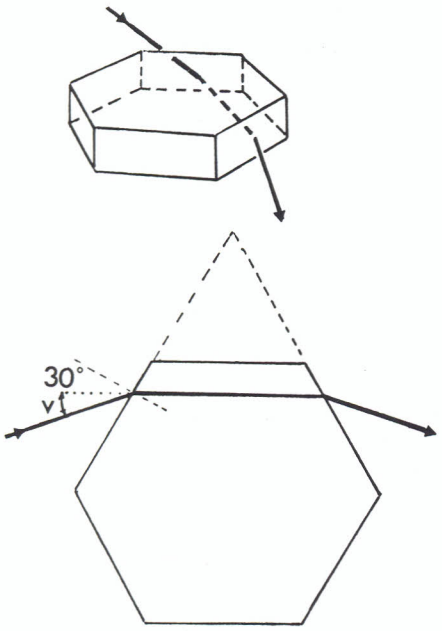
Løsning FFVT 3/91

a) Spørsmålet gikk på å forklare at "bisolene" pga spredning av sollys gjennom is kommer 22° på hver side av sola. Dette får en ved å anta at isen forekommer i form av sekskantede krystaller som faller i atmosfæren med symmetriaksen vertikalt. Strålegangen gjennom en krystall blir da som gjennom et 60°s prisme (se figur). Vi vet den minimale spredningsvinkel fås ved symmetrisk strålegang gjennom prismet, og her blir intensiteten svært stor (fordi mange innfallsvinkler gir essen-

sielt samme spredningsvinkel). Bruk av brytningsloven gir følgende likning for halve avbøyningsvinkelen v, uttrykt ved brytningsindeksen $n = 1.31$ for is:

$$\sin(v + 30°) = n \sin 30° = n/2.$$

Det gir $v = 11°$, altså avbøyning 22°.



Det er forutsatt at strålen kommer inn normalt på iskrystallens symmetriakse, dvs at sola står lavt på himmelen. Ellers blir vinkelen litt større.

Er det riktig at iskrystaller faller med symmetriaksen vertikalt? Ikke nødvendigvis, naturligvis, det må ihvertfall kreve rolige atmosfæriske forhold. Hvis atmosfæren er så turbulent at iskrystallene har en tilfeldig orientering vil dette intensitetsmaksimaet ses i en sirkel rundt sola med åpning omlag 22°, en *halo*.

b) Spørsmålet gjaldt det faktum at på planeten P *økte* tyngdens akselerasjon med avtagende avstand r til planetens sentrum. For en planet med homogen massefordeling vil den avta. Det skyldes at den effektivt tiltrekkende massen (massen innenfor avstand r), proporsjonal med r^3, avtar raskere enn gravitasjonskraften, proporsjonal med $1/r^2$, øker. Men hvis P ikke har en homogen massefordeling kan balansen mellom de to faktorene lett tippe motsatt veg. Kvalitativt sett må P isåfall ha tyngre stoff innerst. Kvantitativt er det flere muligheter. Hvis en f.eks. antar at A/S Planetboring bare opererer rimelig nær overflata i lag med konstant tetthet ρ, så vil leserne formodentlig ha små problemer med å vise at eksperimentene kan forklares dersom P har en så massiv kjerne at middeltettheten er endel mer enn 50% større enn ρ.

∞

EN KOMMENTAR TIL FFVT 3/90

Det gitte problem viser seg å være en ganske artig liten nøtt, spesielt om man tar for seg et mer generalisert tilfelle. Slik det er presentert ved de to tegningene, gjengitt i Fig.1 og Fig.2, der den

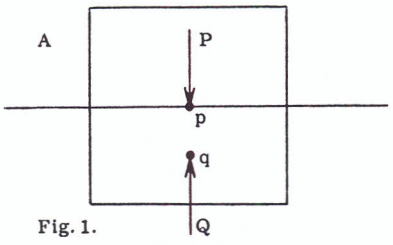


Fig. 1.

Fig.1. Stilling A i FFVT 3/90

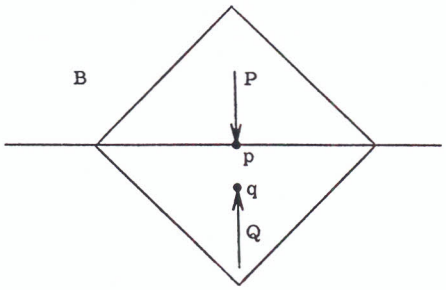


Fig.2. Stilling B i FFVT 3/90

homogene klossen tydeligvis er halvveis nedsenket i vann, har vi det spesielle tilfelle at forholdet mellom klossens egenvekt og væskens egenvekt er lik 0,5.

Tyngdekraften P virker i klossens tyngdepunkt p, dens sentrum. Oppdriften Q virker i den nedsenkede dels tyngdepunkt q. Vi har opplagt ikke noe dreiemoment forskjellig fra null i noen av de to gitte tilfellene, slik at klossen er i likevekt både i A og i B.

For å avgjøre om denne likevekten er stabil eller ikke, dreier vi klossen en liten vinkel α om klossens tyngdepunkt (som vi velger som aksekorsets origo). Ved beregningen av oppdriftens dreiemoment behøver vi bare ta for oss de to like trekantene T_1 og T_2 og deres tyngdepunkters avstander, x_1' og x_2' h.h.v., fra den vertikale Y'-aksen. Uten nesten å foreta noen beregninger i det hele tatt, ser vi at $x_1' > x_2'$ i Fig.3. D.v.s. klossen

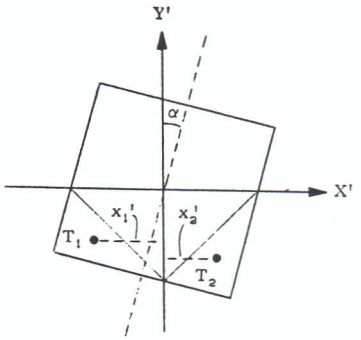


Fig.3. Stilling A litt dreiet

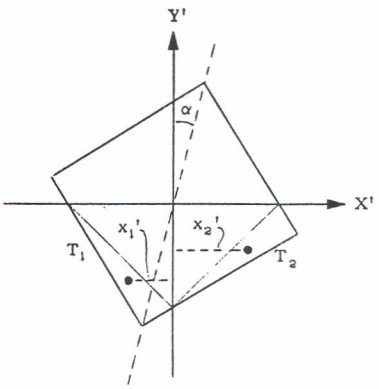


Fig.4. Stilling B litt dreiet

får her et negativt dreiemoment, og stilling A (Fig.1.) er altså labil.

I Fig.4. derimot ser vi enda tydeligere at $x_1' < x_2'$. Dreiemomentet i dette tilfelle er dermed positivt og stilling B (Fig.2.) er følgelig stabil.

Vi tar så det generelle tilfelle når $0 \leq \rho \leq 1$, hvor ρ er forholdet mellom klossens egenvekt og væskens egenvekt. $\rho = 0$ gir oss en kloss som flyter helt oppå væsken. Når $\rho = 1$, er den i likevektstillingen helt nedsenket.

Av symmetrigrunner behøver vi bare ta for oss $\rho \leq 0,5$, da $\rho = 0,5 + \Delta\rho$ gir samme dreiemoment som $\rho = 0,5 - \Delta\rho$. Det skulle fremgå tydelig nok av Fig.5.

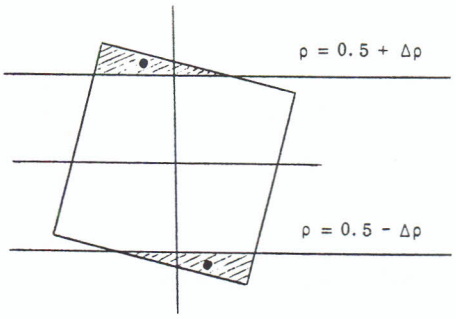


Fig.5. Den nederste trekanten gir positivt dreiemoment, men det gir den øverste også, siden den mangler!

Vi har nå to hovedtilfeller, tilfelle C (bare to hjørner over vann) og tilfelle D (tre hjørner over vann).

Tilfelle C, Fig. 6

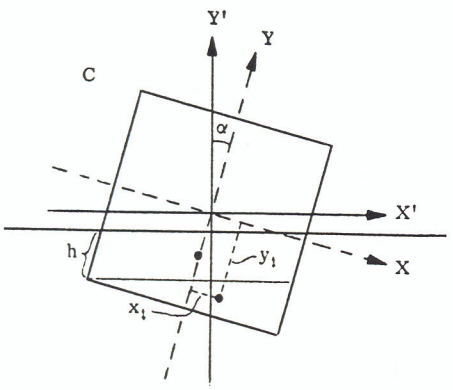


Fig.6. Tilfelle C, to hjørner over vann

Vi setter kvadratets sidelengde lik $2a$ i etterfølgende likninger. Arealet av kvadratets nedsenkede del betegner vi med A.

Trekanten:

$$x_1 = \frac{1}{3}a\,;\; y_1 = \frac{1}{3}a(2\tan\alpha - 3),$$

som gir

$$x_1' = \frac{1}{3}a(\cos\alpha + 2\sin\alpha\tan\alpha - 3\sin\alpha),$$

$$A_1 = 2a^2\tan\alpha,$$

$$M_1 = A_1 x_1'$$

$$= \frac{2}{3}a^3[\sin\alpha + 2\sin\alpha\tan^2\alpha - 3\sin\alpha\tan\alpha].$$

Parallellogrammet:

$$x_2 = 0\,;\; y_2 = -[a - a\tan\alpha - \frac{1}{2}h]$$

$$A_2 = 2ah,$$

$$x_2' = -a[1 - \tan\alpha - \frac{h}{2a}]\sin\alpha,$$

$$M_2 = -2a^2h[1 - \tan\alpha - \frac{h}{2a}]\sin\alpha\,,$$

$$A \equiv A_1 + A_2 = 2a(h + a\tan\alpha)$$

$$A = 4\rho a^2.$$

$$M \equiv M_1 + M_2$$

$$= \frac{1}{3}a^3\sin\alpha[\tan^2\alpha + 12\rho^2 - 12\rho + 2].$$

Vi har altså likevekt når $\alpha = 0$ og når $\tan^2\alpha = 12\rho - 12\rho^2 - 2$. Likningen $6\rho^2 - 6\rho + 1 = 0$ har løsningene $\rho = \frac{1}{2} \pm \frac{1}{6}\sqrt{3}$. Bare $\rho_1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{6}\sqrt{3}$ ligger i vårt område.

Dette gir:

$0 < \rho < \rho_1$: $M > 0$ for alle $\alpha > 0$.

D.v.s.: $\alpha = 0$ er den stabile løsning.

$\rho_1 < \rho \le 0,5$:
$M < 0$ når $\tan^2\alpha < 12\rho - 12\rho^2 - 2$,
$M > 0$ når $\tan^2\alpha > 12\rho - 12\rho^2 - 2$.
D.v.s.: $\tan^2\alpha = 12\rho - 12\rho^2 - 2$ gir en stabil løsning.

Men nå har vi også som betingelse her at $h \ge 0$. $h = 0 \Rightarrow \tan\alpha = 2\rho \Rightarrow \rho = \frac{1}{4}$. Ovenstående betraktninger gjelder altså bare for $\rho_1 < \rho \le 0,25$. Merk at $\rho = 0,25$ gir $A = a^2$.

Tilfelle D, Fig.7.

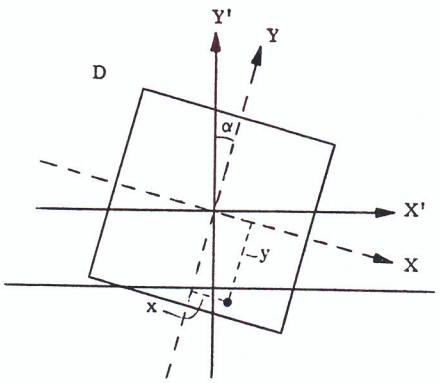


Fig.7. Tilfelle D, tre hjørner over vann

Her er $\rho \ge 0,25$, og vi får etter en del regning:

$$x' = \frac{1}{3}a((3 - \sqrt{8\rho\cot\alpha})\cos\alpha$$

$$-(3 - \sqrt{8\rho\tan\alpha})\sin\alpha).$$

Og klossen er følgelig i likevekt når

$$(3 - 2\sqrt{2\rho\cot\alpha})\cos\alpha$$

$$-(3 - \sqrt{8\rho\tan\alpha})\sin\alpha = 0.$$

$\cos\alpha \ne 0$:

$$(3 - 2\sqrt{2\rho\cot\alpha})$$

$$-(3 - \sqrt{8\rho\tan\alpha})\tan\alpha = 0,$$

$$(\tan\alpha - 1)(8\rho\tan\alpha + 8\rho - 9$$

$$+3\sqrt{8\rho\cot\alpha}) = 0.$$

Løsningen $\tan\alpha = 1$ kjenner vi fra før. Verdien $\rho = 0,25$ gir løsningen $\tan\alpha = 0,5$ – også helt i overensstemmelse med det vi allerede har funnet.

Setter vi inn $x = 1$, får vi løsningen $\rho = \frac{9}{32} = 0,28125$ i vårt område.

Dermed har vi alt vi behøver for å kunne sette opp en fullstendig løsning av det generelle problem. Krengningsvinkelen α ved stabil likevekt er gitt ved følgende likninger:

$$0 \le \rho \le \rho_1 : \; \alpha = 0.$$

$$\rho_1 \le \rho \le 0,25 :$$

$$\tan^2\alpha = 12\rho(1 - \rho) - 2.$$

$$0,25 \le \rho \le \rho_2 :$$

$$8\rho(\tan\alpha + 1) - 9 + \sqrt{8\rho\cot\alpha} = 0.$$

$$\rho_2 \le \rho \le 0,5 : \; \alpha = \frac{1}{4}\pi.$$

$$\rho_1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{6}\sqrt{3} = 0,21132...$$

$$\rho_2 = \frac{9}{32} = 0,28125.$$

For $0,5 \le \rho \le 1$ får vi de tilsvarende symmetriske tilfellene. Resultatene er gjengitt grafisk i Fig.8.

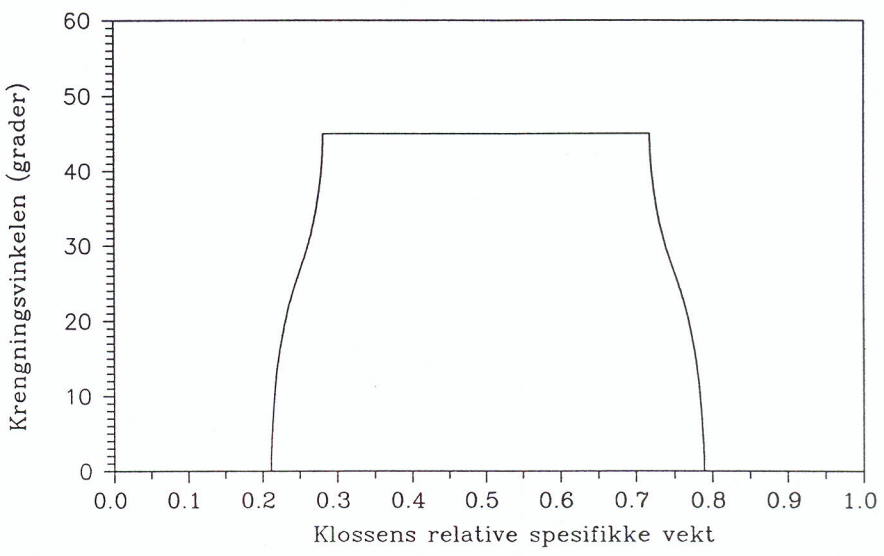


Fig.8. Krengningsvinkelen som funksjon av klossens relative spesifikke vekt

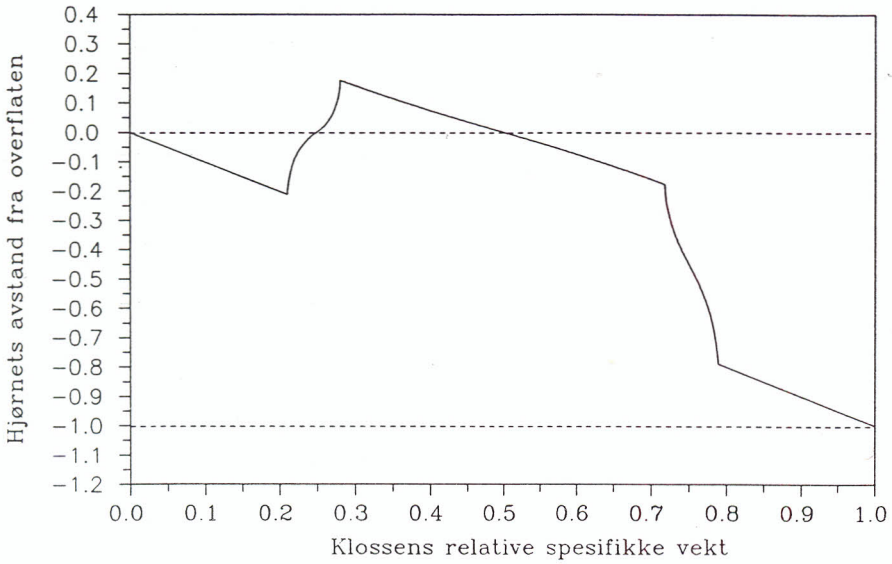


Fig.9. Hjørnets avstand fra overflaten som funksjon av klossens relative spesifikke vekt

Det er også ganske artig å se på hvordan avstanden f.eks. fra det nedre venstre hjørne av kvadratet opp/ned til vannoverflaten varierer med varierende verdier av ρ. Fig.9 viser resultatet når klossens sidekant brukes som lengdeenhet. Vi ser at tre av hjørnene ligger over vannet når $0,25 < \rho < 0,50$.

Det er i de gjennomførte beregningene ikke tatt hensyn til overflatespenningene og deres innflytelse på klossens stilling.

John Midtdal

∞

Bokomtaler

Hey and Walters: The Quantum Universe. Cambridge University Press, 1987 (reprint 1990), (180 sider).

"Det 20. århundrets fysikk" ville vært en like dekkende tittel på denne populærvitenskapelige boka, skrevet av to av elevene til, og beundrere av, Richard Feynman og dedikert til ham. Det er en bok som viser hvorledes kvantefenomener preger mesteparten av den moderne fysikk. Det er ikke, som tittelen kan tyde på, en bok for dem som arbeider med spesifikke kvantefysiske problemer. Men det er en bok også for dem, fordi den plasserer stoffet de arbeider med i en videre sammenheng. Det er en bok som viser at fysikken fremdeles, i spesialiseringens tid, er et enhetlig fag.

I forordet sier forfatterne at de har overveiet en rekke andre titler som skulle avverge den misforståelsen at det er en bok bare for spesialister. De nevner bl. a. "Quantum Mechanics for Bank Managers", ... for Housewives", ... for Politicians". Utvilsomt vil mange slike "vanlige" mennesker ha glede av å lese boka. For oss fysikere måtte det vært storveies om spesielt politikerne ville ta seg tid til, på en interessant måte, å skaffe seg innblikk i hva faget vårt dreier seg om og hvilken samfunnsmessig betydning det har. Men det er altfor optimistisk å tro at de kan gå løs på boka uten visse forkunnskaper. Riktignok kreves ingen ferdigheter i matematikk utover de enkle regningsartene. Når Schrödingerlikningen er tatt med, er det som en parentes som man gjerne kan hoppe over. Istedenfor matematikk, benyttes illustrasjoner som ofte bedre enn matematiske likninger forklarer det man ikke klarer å si tydelig med ord.

Men ord er likevel kjernen i enhver fremstilling. Fysikken har sitt eget språk. Spesialuttrykk må forklares. En gloseliste på 6 sider, som står bak i boka, er en utmerket hjelp for dem som en gang har lært, men glemt det meste. Den er ikke tilstrekkelig for dem som ikke på forhånd kjenner språket. I lista forklares faguttrykk med andre faguttrykk. For å lese boka med utbytte, bør en nok ha forkunnskaper som svarer til det som tilbys i fysikk i den videregående skole.

Det er i vår generasjon blitt skrevet mange populærfremstillinger om fysikk. Felles for de fleste er at de fragmenterer fysikken. De tar for seg ett område og viser hvor interessant og betydningsfullt dette er. Fysikkundervisningen på universitetsnivå fragmenterer faget på samme måte. Dermed oppstår det barrierer mellom fagområdene, barrierer som ofte både er uoverstigelige og lite gjennomtrengelige. En faststoffysiker kan ikke bli partikkelfysiker eller omvendt. Og med barrierene følger ikke bare manglende interesse i og innsikt i andres fagområder, men også en manglende respekt. Vi ser strid om kompetanse, kamp om ressurser, diskusjon om de enkelte fagområders betydning for våre levekår og vår forståelse av tilværelsen.

Hey og Walters forsøker ikke å skifte vær og vind eller fremheve enkelte fagområder. De viser hvorledes den utviklingen fysikken har gjennomløpet i vårt århundre er knyttet til utviklingen av kvantefysikken. For dem som kjenner Feynmans lærebøker i fysikk, eller hans populærartikler og -bøker, er det tydelig at fremstillingen i høy grad er preget av ham. Hvert kapittel starter med et Feynman-sitat. ".. but it is a damn good book anyway," er Feynmans uvanlig beskjedne kommentar. Foruten på tradisjonell måte presenteres innholdet i et uten tvil Feynman-inspirert "Route Map", hvor sammenhengen mellom de forskjellige kapitler er indikert. Allerede med dette er det klart at sammenheng er et viktig tema i boka.

I de tre første kapitlene omtales kvantemekanikkens grunnlag: interferensfenomener, bølge-partikkeldualitet, usikkerhetsprinsippet og sannsynlighetsbølger. Hele tiden trekkes linjene tilbake til den klassiske fysikk. Sammen med atomets oppdagere og kvantefysikkens grunnleggere finner vi Newton, Young og Planck presentert med bilder og korte biografiske noter.

I resten av boka beskrives den videre utviklingen av kvantefysikken: energinivåer, Pauli-prinsippet, tunneleffekt, den relativistike bølgelikningen, Feynman-diagrammer, kvanteelektro- og kvantekromo-dynamikk. I de enkelte kapitler knyttes kvanteprinsippet sam-

men med fysiske fenomener og anvendelser: halvledere, integrerte kretser, supraledning og suprafluiditet, fusjon og fisjon, radiologisk datering, kvarker, gluoner og Higgs-partikler er selvsagte temaer. Men også nøytronstjerner, svarte hull, fraktalteori, holografi og datateknologi er med i bildet. Selvsagt blir det noen hull. Biofysikken er utelatt, og man kunne også ventet å finne noen ord om f.eks. magnetresonans. NMR-spektrometri er et høyaktuelt tema.

Illustrasjonene som er knyttet til beskrivelsen av fysiske fenomener er tildels utradisjonelle, valgt fordi de er morsomme eller dagsaktuelle, men alltid med en tekst som plasserer dem i forhold til og gjør at de utfyller temaet. Boka selv er av og til utflytende, men en anekdote er ikke å forakte, selv om den saklig sett ikke hører med.

Jeg nevnte innledningsvis at boka forutsetter noe forkunnskap i fysikk, og det er naturlig å ta opp spørsmålet om hvem boka egentlig passer for. Først og fremst er det en bok av allmenn interesse, en bok for dem som vil vite litt om hvorledes fysikken har utviklet seg i vårt århundre, og hvorledes vår viten om verden derved er blitt utvidet. Spesielt er det en bok for alle som arbeider med naturvitenskap og som ønsker å se utover den barriere faget har satt, det være seg en fysiker, kjemiker eller biolog. Det er en bok for lærere i fysikk på alle nivåer fra ungdomsskolen og oppover. Den gir oversikt, og den kan tjene som en pedagogisk inspirasjonskilde. For fysikkstudenter på universiteter og høyskoler burde den være obligatorisk lesning. Det er også en bok som viser hvilken betydning den fysiske grunnforskning har for vårt teknologiske samfunn. Derfor er det en bok for dem som bevilger penger til forskningen og administrerer den.

I den debatten om fysikkundervisningen som har pågått på universitetene de siste 40 årene, er det gang på gang sagt: Når de kommer på universitet, må studentene møte noe nytt, noe som fenger. De må få høre hva moderne fysikk dreier seg om. Samtidig har vi krevd at de så raskt som mulig skaffer seg et faglig fundament å bygge videre på. Resultatet er ved alle revisjoner av studieplanene alltid blitt det samme, et kurs i klassisk mekanikk, en repetisjon av og fordypning i stoff som de alt kjenner fra skolen. Det inspirerende og nye er alltid blitt borte, bortsett fra relativitetsteori som vekselvis skal være med eller utelates.

I Hey og Walters' bok finner vi dette stoffet. Overfladisk presentert, vil nok mange si, og i alle fall ikke en lærebok på universitetsnivå. Her er ikke den grundigheten som vi krever. Med det mener de antagelig først og fremst at matematikken mangler. Men hva er egentlig viktigst, steg for steg å trenge seg inn i fysikkens materie med følelsen av å gå i motbakke og aldri nå toppen, eller først å ta en liten flytur og få oversikt over hva terrenget har å by på, for så å komme tilbake med lyst til å se nøyere på enkelte områder?

Dessuten er det ikke riktig at behandlingen er overfladisk fordi den ikke inneholder matematikk. Den innledende behandlingen av interferens og dualitet, er intellektuelt utfordrende og gir betydelig innsikt i fundamentale trekk ved naturen. Og de trådene som stadig trekkes bakover til klassisk fysikk, gjør at leserne vil forstå at en må ha denne som fundament. Kanskje ville det vært bedre å gi studentene et par vekttall for å studere denne boka, enn å sende dem rett tilbake til Newton?

Trygve Holtebekk

∞

Hva skjer

Fysikermøtet i Stavanger 1992

Neste års fysikermøte arrangeres i Stavanger fra tirsdag 23. til og med torsdag 25. juni. Møtet holdes på Høgskolesenteret på Ullandhaug.

Programmet, som vi håper skal bli variert og spennende både faglig og sosialt, vil bli trykket i *Fra Fysikkens Verden* til våren, med tilhørende påmeldingsskjema.

Henvendelser angående møtet kan rettes til et medlem av arrangementskomitéen, som består av: Per A. Amundsen (formann, tlf.: 04-874477, e-post: amundsen@hsr.no), Torbjørn Almaas, Kjell Hellesøe, Henning Knutsen, Per Skjerpe, Gunnar Thorkildsen og Jann-Rune Ursin, alle med adresse: HSR, postboks 2557 Ullandhaug, 4004 Stavanger, tlf.: 04-874100 (sentralbord), telefaks 04-874300).

Vel møtt til Fysikermøtet 1992 i Stavanger.

Nytt fra NFS

Nye medlemmer tatt opp på styremøtet 16. desember 1991:

Student Amir Ghaderi
Arne Berggårdsvei 6-26
Steinan Studentby
7048 Trondheim

Student Omar Belhaj
Bærumsveien 212A
1342 Bekkestua

Student George Jacob
Fysisk Institutt
Universitetet i Oslo
Boks 1048 Blindern
0316 Oslo 3

Vit.Ass. Einar Halvorsen
Institutt For Fysikk
7034 Trondheim-NTH

Siv.Ing. Bjørn Meland
Institutt for Mekanikk
7031 Trondheim

Professor Hans L. Pécseli
Fysisk Institutt
Universitetet i Oslo
Boks 1048 Blindern
0316 Oslo 3

Student Tove Svendby
Fysisk Institutt
Universitetet i Oslo
Boks 1048 Blindern
0316 Oslo 3

∞

Norsk Fysikkråd

Årsberetning 1990 vedtatt på årsmøtet 14. januar 1991

Norsk Fysikkråd har i 1990 hatt 3 møter: 15. januar i Trondheim, 24. juni i Tromsø og 5. november i Oslo.

Medlemmer av rådet var:

Funksjonstid 1. januar 1990 – 31. desember 1991:

Oppnevnt av	Representant	Vararepresentant
Univ. i Oslo	Hallstein Høgåsen	Johan Taftø
Univ. i Bergen	Halvor Hobæk	Jan Vaagen
Univ. i Trondheim	Erlend Østgaard	Johan Skule Høye
Univ. i Tromsø	Kristoffer Rypdal	Torbjørn Eltoft
NAVF	Synnøve Irgens-Jensen	Torstein Pedersen
NTNF	Erling Hammer	Aasmund Gjeitnes

Funksjonstid 1. januar 1989 – 31. desember 1990, oppnevnt av Norsk Fysisk Selskap:

Rep. for	Representant	Vararepresentant
Videregående skoler	Ingerid H. Helstrup	Svein Lie
Norsk Fysisk Selskap	Haakon Olsen	Ove Havnes
Norsk Fysisk Selskap	Eivind Osnes	Kårmund Myklebost
Reg. og vit. høysk.	Per Vold	Bjørn Berre
Forskn. inst.	Tormod Riste	Aasmund Sudbø

På årsmøtet 15. januar ble Halvor Hobæk og Per Vold gjenvalgt som henholdsvis formann og nestformann. Norsk Fysikkråd har i 1990 behandlet følgende saker:

Seminar om fysikkundervisning ble arrangert sammen med Norsk Fysisk Selskap på Ustaoset i tidsrommet 14. – 17. august, som det første i sitt slag her til lands. Programkomitéen besto av: Øystein Falch, Svein Lie, Kårmund Myklebost, Eivind Osnes og Per Vold, med sistnevnte som formann.

Seminarets formål var å skape faglig kontakt og stimulere til diskusjon av viktige spørsmål innen fysikkundervisning og utdanning, for å få til et bredere samarbeide mellom fysikklærere i den videregående skolen og fysikklærere på universiteter og høgskoler. Seminaret samlet 82 deltakere fra videregående skole og 25 fra universitet/høgskole, og ble meget vellykket. Det ble utgitt egen rapport om seminaret. Fysikkrådet går inn for at en slik konferanse bør arrangeres hvert 3. år. Man har videre vedtatt å støtte forsl opprettelse av et fond for en "Undervisningspris", i regi av Norsk Fysisk Selskap.

"Fysikkstatistikk 1990" er utarbeidet av Synnøve Irgens-Jensen og Tormod Riste og utgitt av Fysikkrådet i samarbeide med NAVF. Rapporten analyserer personell- og ressurs-situasjonen innen norsk fysikk grunnforskning, basert bl.a. på materiale fra NAVFs utredningsinstitutts database. Tallmaterialet dokumenterer en uheldig aldersprofil blant fysikerene ved flere av våre universiteter, og et årlig erstatningsbehov på fem til sju personer over neste ti-års periode. Flere fagområder har urovekkende dårlig rekruttering. Bevilgningene til fysikk er vesentlig dårligere enn f. eks. i Sverige.

Rapporten kan fåes ved henvendelse til NAVF, og en regner med at et sammendrag vil bli trykket i Fra Fysikkens Verden.

En vedtektsendring har ført til at Rådet for Videregående Opplæring har fått representasjon i Fysikkrådet fra 1991. Fysikkrådet arbeider med å få til en komite som skal se på mulighetene av å få til en norsk lærebok i fysikk, rettet særlig mot nivået mellom videregående skole og universitetet (brukerkursene), uten at dette hittil har lyktes. Andre saker som har vært drøftet, er tiltak for å styrke fysikkens stilling i samfunnet, hvor en i første omgang er opptatt av å styrke rekrutteringen til fysikkfaget.

Halvor Hobæk, formann
Per Vold, nestformann

Skriv i FFV

Kommentar til Grøholtutvalgets innstilling

NOU 1991:24 "Organisering for helhet og mangfold i norsk forskning" synes å avspeile et velbegrunnet ønske om forandringer hos det norske forskersamfunnet. Også blant fysikere har det vært et ønske om justeringer selv om dette ikke er blitt entydig og klart formulert.

Utredningen snakker om ulike nivåer. Blant fysikere er det vanlig å tenke på forskersamfunnet som en kjerne av vitenskaps/ teknologi-elementer med en administrativ/forvaltningsmessig omgivelse. Fremragende forskning er sjelden blitt til ved komitévedtak eller ved at penger pøses inn uten at enkeltindivider har gjort nybrottsarbeid og fått noe interessant til å vokse. Rapporten synes å dele dette synet, bl.a. i sin omtale av enkelte uheldige sider ved programforskningen.

Rapporten benytter også begrepene "grunnforskning" og "anvendt" forskn-

ing. Hva som legges i disse begrepene vil variere fra område til område. I fysikk er deler av forskningen rettet mot å avdekke og kartlegge fundamentale naturlover, og det arbeides videre med forklaring av fenomen ved hjelp av kjente grunnleggende lover. Det har vært foreslått å kalle den første typen "intensiv", den andre typen "ekstensiv" forskning. Partikkelfysikk og sentrale deler av kjernefysikk kan f.eks. sies å være "intensiv" forskning.

Teknologi er en slektning av "ekstensiv" naturvitenskap, men er i langt større grad rettet mot konkrete løsninger for samfunnet. Vi er usikre på hvordan teknologi, som spenner langt videre enn det rapporten gir inntrykk av, kommer ut i den foreslåtte modellen, og vi føler at en god del avklaringsarbeid gjenstår, spesielt angående rollene og forpliktelsene til sektordepartementene (utenom KUF). Rapportens "Prinsipper og problemer" legger selv opp til behov for en slik avklaring.

Fysikk har alltid hatt et tett samspill med de øvrige natur- vitenskapelige disiplinene. Det gjelder bl.a. utvikling av vitenskapelig utstyr eller eksperimentelle metoder og teknikker (elektronmikroskopi, massespektrografer, registrering av radioaktiv stråling m.m.fl.) som har fått avgjørende betydning for utviklingen innen andre naturvitenskaper. Men også direkte ved at teorier og modeller fra fysikk overføres til "beslektede" problemstillinger i andre fag, som f.eks. biologi (biofysikk), kjemi (strukturkjemi, fysikalsk kjemi) eller geofag (geofysikk, klimaforskning). Norsk Fysikkråd er derfor betenkt over at naturvitenskapene foreslås delt på 2 råd (TN- og BMH-rådet). Vi vil også påpeke at det kan få uheldige faglige konsekvenser om den naturvitenskapelige miljøforskningen skilles fra den teknologiske forskningen.

Våre nasjonale fysikkmiljø i U/H systemet har i de siste tiår fått en langt mer sammensatt karakter enn tidligere. Med alle ovenfor nevnte virksomheter under samme tak, og med en revidert grenseoppgang mellom naturvitenskap-teknologi og medisin-helsefag som nevnt, vil rådsstrukturen kunne gi klare fordeler for samspill, hvis man samtidig også har klart for seg ulikheter i egenart, ikke minst teknologiens spesielle situasjon og eksternansvar.

Rapporten er oppmerksom på farene for forenklede forestillinger knyttet til det som omtales som "den lineære utviklingsmodellen". Forbindelsen mellom teknologi og naturvitenskap er sammensatt, og selv om et fruktbart samliv mellom naturvitenskap og teknologi over lengre tid har vist seg mulig i vårt århundre, er det viktig å identifisere deres egenart for å gi dem korrekte livs- og vekst- betingelser.

Vi har likevel tro på at den foreslåtte modellen med et samlende fagstrategisk råd – Rådet for teknologi og naturvitenskap (TN-rådet) – vil være en hensiktsmessig måte å imøtekomme den arbeidssituasjonen som allerede eksisterer i våre nasjonale fysikkmiljø, også med hensyn på bedre ressursutnyttelse. Dette forutsetter imidlertid at forskerinteressene blir ivaretatt like sterkt som brukerinteressene.

Vi støtter rapportens forslag om et "Fagutvalg for fri forskning" og målsetningen å fortsatt yte direkte støtte til person/gruppe -relatert "fri forskning" etter kvalitets/perspektiv kriterier. Dette vil spesielt kunne gi unge mennesker en mulighet til å prøve ut sine ideer. Fysikk spenner fra store langsiktige forskningsprogrammer til fri forskning i små grupper, og må gjøre det til enhver tid, både pga. indre uavhengighet og for å kunne ta vare på nødvendig mangfold i våre U/H miljøer. Kvalitetsvurdering er for svakt utbygget på universitetene, som prioriterer undervisning, motefag, etc. Det er derfor viktig å beholde finansieringskilder for fri forskning ved siden av grunnbevilgningene til institusjonene, basert på individuelle søknader etter kvalitet.

Videre støtter vi forslaget om en fellesfunksjon rettet mot internasjonalt samarbeid. Dette er et forsømt område i Norge, men et ansvarsområde med økende viktighet. Som fysikere står vi snart overfor omfattende aldersavgang. Videre gjør politiske begivenheter i Europa at samarbeidsforhold endres raskt og at inngangsbilletten koster mer enn før. Det er vesentlig å ta vare på deltakelse i livskraftige nettverk, og viktig å kunne inngå mer offensivt i nye. Det bevilges allerede årlig ca. 60 mill. kr. i norsk deltakerkontingent til ESA, og ca. 60 mill. kr. i kontingent til CERN (i tillegg kommer midler til følgeforskning). Vi vil også minne om at det ikke bare er norske forskere som reiser utenlands, og at det burde være et særlig ansvar for Norges forskningsråd å ivareta et post-doc. program for forskere som ønsker et opphold i norske forskningsmiljøer.

SPESIFIKKE FORBEHOLD:

(Et medlem, H.Høgåsen, slutter seg ikke til konklusjonen)

1. **Naturvitenskapens og teknologiens rolle i kulturbildet må avklares nærmere i den foreslåtte oppdelingen i strategiske råd.**

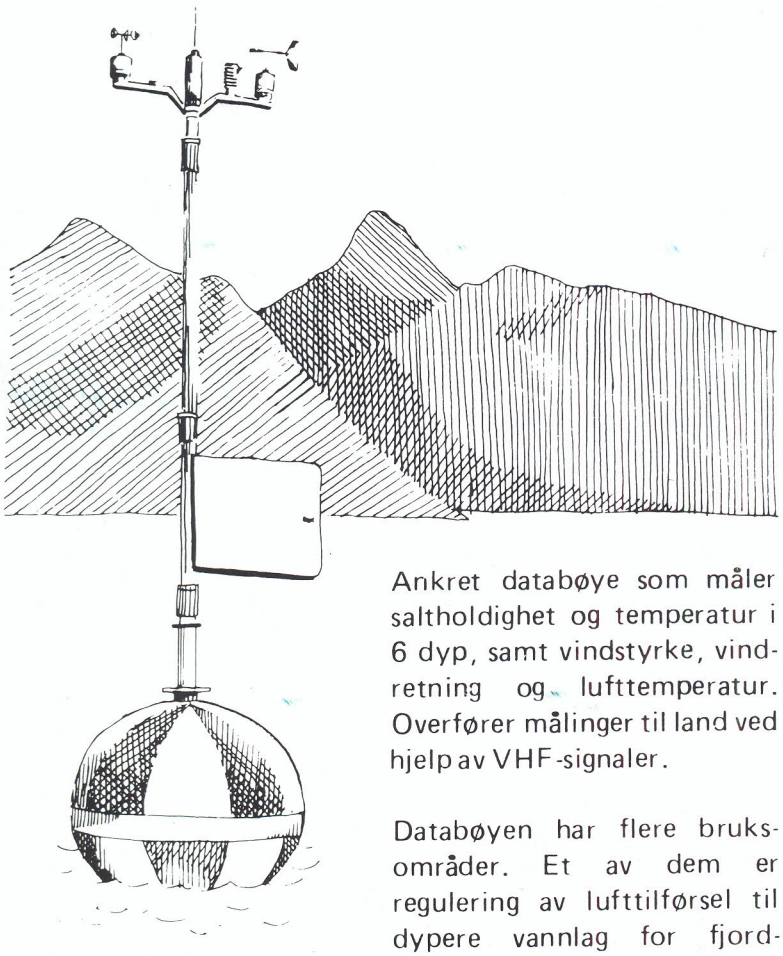
   Det snakkes i utredningen om vitenskapen som "kulturelement ved at den preger vårt verdensbilde og vår tenke- måte". Derfor er det overraskende få ganger en eksplisitt støter på naturvitenskapens og teknologiens rolle i kulturbildet i atomalderen. Med uttrykte ønsker om å bygge opp et vitenskapshistorisk/teoretisk miljø her i landet, er det et klart behov for avklaring av hva som favnes av kultur- begrepet og av samspill med TN-rådet.

2. **Miljøforskningen vil bli amputert om den separeres fra teknologi og fysiske naturvitenskaper.**

   En avgjørende side ved miljøforskningen, ikke minst når det gjelder nyttige tiltak, er instrumentering og måleteknologi. Her har Norge tradisjoner og et betydelig potensial. Meningsfylt resultatrettet miljøforskning forutsetter gode måledata og gode handlingsprosedyrer. Det vil derfor være å amputere et viktig område å innlemme det i et fagstrategisk råd som er isolert fra teknologi og fysiske naturviten- skaper. Dette er vel neppe rapportens hensikt, men hvordan man har tenkt seg et samspill mellom BMH- og TN-rådet får vi vite lite om.

Vi har forståelse for at framtiden ikke kan være inneholdt i detalj i en rapport. Likevel føler vi at det faglige dynamiske elementet, ideer om hvem som skal drive forskning her i landet, om f.eks. de regionale høgskolenes rolle, forekommer ubesvarte, muligens i påvente av en avklaring av den diskusjon om sammenslåinger som pågår for tiden.

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

Redaksjonskomité:
Professor 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) 85 64 28
Fax.:(02) 85 64 22
Email:
holter@master.uio.no
finni@master.uio.no

Fra Fysikkens Verden utkommer fire gang
årlig. Abonnement kan tegnes direkte fra e
spedisjonen. Årsabonnement kr. 90,-. St
denter og skoleelever kr.45,-. Løssalg
30.- pr. nummer.

Postgirokonto: 0807 5 10 47 24
Bankgirokonto: 6094.05.40227