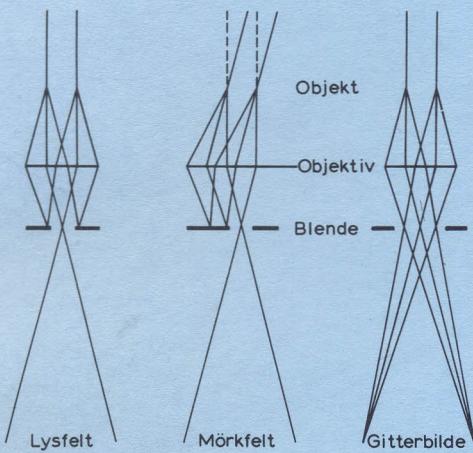


Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP



Elektronmikroskopi ved Fysisk Institutt, Oslo.

Se artikkelen på side 92.

INNHOLD:

Kristoffer Glimme 100 år	73
Dosent i allmenn fysikk	73
Dosent i biofysikk	74
Fysikermøtet 1985	74
Hva var Betlehemstjernen	74
Nye medlemmer	75
Pedagogiske persillekvaster	75
Christopher Hansteen (1784-1984)	76
Den gregorianske kalenderreform - nu 400 år etter	78
Å lære å forstå Ohms og Newtons lover kvalitativt	81
Bøker	86
Nordlys i relasjon til energioverføring	87
Elektronmikroskopi ved fysisk institutt, Oslo	92
Trondheim Workshop i teoretisk fysikk, 1984	96
The Trondheim Seminar on Solid State Physics, 1985	96

Nr. 4 - 1984
Årgang 46
ISSN-0015-9247



KURSSENTERET

KURS I DATABEHANDLING VÅREN 1985

14.01-18.01	INNFØRING I EDB - I
21.01-25.01	INNFØRING I EDB - II
28.01-15.02	COBOL I
25.02-08.03	COBOL II
11.03-29.03	FORTRAN
15.04-26.04	PASCAL
02.05-24.05	FORTRAN

Det vises også til Forbruker- og administrasjonsdepartementets kurskatalog for 1985.

KURSAVGIFTEN ER kr.2.200,- pr. uke for deltagere fra offentlige institusjoner
kr. 3.200,- pr. uke for deltagere fra private bedrifter

Nærmere opplysninger
Kurssekretær Gerd Jarrett
Kurssenteret
Institutt for energiteknikk
Boks 40, 2007 Kjeller

Telefon (02) 71 25 60

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 4 - 1984

Redaktører: KNUT JOSTEIN KNUTSEN og HANS KOLBENSTVEDT
Redakjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

46. årgang
ISSN-0015-9247

Kristoffer Glimme 100 år

Kristoffer Glimme er født 23. desember 1884 i Lødingen. Da faren var telegrafbestyrer, ble det noe flytting, men han tilbrakte de første åtte år i Nordland og Finnmark. Senere flyttet familien til Stavanger, og Glimme tok middelskoleeksamen ved Storm skole 1900 og eksamen artium ved Kongsgård skole 1903.

Glimme begynte på realstudiet ved Universitetet i Oslo og avla eksamen i fire bifag: kjemi, matematikk, geografi med astronomi, geologi og mineralogi. Hovedfagseksamen avla han i 1910 i fysikk. Samme år tok han pedagogisk eksamen.

I løpet av studietiden fungerte han som amanuensis ved Universitetet 1909-1910. Han var deretter assistent i fysikk ved Norges Tekniske Høgskole 1910-1914. Han hadde da et kortvarig studieopphold i fysikk i 1911 i Göttingen og et lengre opphold ved det matematisk-fysiske institutt i Freiburg 1912-1913. Han publiserte arbeider om forskjellige forhold ved kanalstråler, noen sammen med professor J. Koeningsberger.

I 1914 ble Glimme dosent i fysikk med elektronikk, mekanikk og kjemi ved Sjøkrigsskolen i Horten. Med hans bakgrunn passet fagkretsen godt. Ved Sjøkrigsskolen var han i mange år medlem i styret av marinens bibliotek. Han var også formann i Hortens tekniske aftenskoles forstanderskap og var i et par perioder medlem av Hortens bystyre og skolestyre. I 1954 gikk Glimme av med pensjon og fikk kongens fortjenestemedalje i gull.

I sine yngre dager var Glimme en ivrig fotograf og har vandret omkring i store deler av det sydlige Norge. Som hobby hadde han tegning og maling og forsøkte seg som pastelltegner.

Sammen med professor Bjarne H. Bjerke ved Landbrukshøgskolen på Ås ga Glimme ut læreverket «Fysikk for realgymnaset» i fem bind ved Gyldendal Norsk Forlag i 1933. Imidlertid ble ikke hvert bind skrevet av begge sammen. Bjerke skrev «Mekanikk», «Varmelære» og Elektrisitetslære» mens Glimme tok seg av «Bølger, lyd og lys» og «Stoff og materie i lys av nyere forskning». Bøkene er fra et faglig synspunkt meget gode, men oppleg-

get virker noe omstendelig. De hadde nok større likhet med Isachsens lærebøker i fysikk enn med de populære Brun og Deviks lærebøker som baserer seg på «arbeidsskoleprinsippet». Det er kanskje grunnen til at verket ikke fikk så stor utbredelse.

Glimme som altså fyller 100 år lillejulaften er nå bosatt på Stokka Sykehjem, Lassaveien 46 i Stavanger og er i skrivende stund i god form.

Vi ønsker Kristoffer Glimme hjertelig tillykke med 100 års dagen.

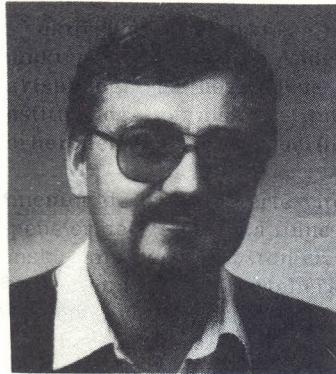
G. André



Dosent i allmenn fysikk

Forsker, dr. techn. Hans Magne Pedersen er utnevnt til dosent i allmenn fysikk ved Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.

Hans Magne Pedersen er født i Kvæfjord i 1945 og tok sivilingeniøreksperten ved linjen for teknisk fysikk ved NTH i 1969 og graden dr. techn. i 1978. Fra 1970 til 1978 var Pedersen knyttet til Institutt for allmenn fysikk som vitenskapelig assistent og universitetstipendiat. Fra 1978 har han vært ansatt som forsker ved Sentralinstituttet for industriell forskning.



Dosent i biofysikk og biomedisinsk teknikk

Førsteamanuensis, Ph.D. Arnljot Elgsæter er utnevnt til dosent i fysikk med fagområde biofysikk og biomedisinsk teknikk ved Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.

Elgsæter er født i Kistrand i Finnmark fylke i 1944. Han tok avsluttende eksamen ved Almenavdelingen, NTH i 1969 og ble ansatt som vit.ass. ved Institutt for eksperimentalphysikk samme år.

I 1970-71 var Elgsæter univ.stip. ved Almenavdelingen, NTH og årene 1971-74 var han ved University of California, USA. Fra 1974 har han vært ansatt som amanuensis/førsteamanuensis ved Institutt for biofysikk, NTH. Han har også vært tre perioder (1977, 1980 og 1981) ved Harvard University, USA.

FYSIKERMØTET 1985

arrangeres i Tromsø i tiden onsdag 26. juni til lørdag 29. juni.

Arrangementskomité: Noralv Bjørnå, Asgeir Brekke, Knut Stamnes, (Boks 953, 9001 Tromsø, tlf. 86060).

Ved å være over til søndag 30. juni, kan man benytte seg av minipris på flyet. Det vil da koste bare kr. 300,- pr. familiemedlem om man tar med familien! Det undersøkes muligheten av å få til en chartertur med fly til Svalbard med 2-3 timers opphold med omvisning. Prisantydning: kr. 800-900 pr. deltaker dersom mange nok melder seg. Arrangementskomitéen vil gjerne ha respons på denne idéen for å kunne avgjøre om den skal arbeide videre med saken.

Omtale av det faglige innhold i Fysikermøtet kommer i neste nr. av FFV.

HVA VAR BETLEHEM-STJERNEN?

Iver Brevik*)

Følgende gamle grunnsetning er fremdeles på sin plass: «Miracula non sunt multiplicanda», hvilket fritt oversatt betyr: Vi skal ikke lete etter undere når en naturlig forklaring er åpenbart mulig. Opp gjennom kirkehistorien har julestjernen over Betlehem engasjert historikere og astronomer også som et rent vitenskapelig problem: Er det mulig å finne en naturlig forklaring på det som de vise menn fra Østerland så? Astronomen Konradin Ferrari D'Occhieppo, professor ved Universitetet i Wien, har brukt mer enn 20 år på å finne en astronomisk forklaring på dette himmelfenomenet som faktisk er godt dokumentert i antikk historie foruten at vi først og fremst finner den i Bibelen, i Matteus kap. 2. Hans bok: «Betlehemstjernen - hva var det som hendte», som nylig er kommet ut i 2. utgave, gir fyldige argumenter hentet fra astronomi, historie, arkeologi og teologi for å påvise hva Betlehemstjernen egentlig var.

D'Occhieppo påpeker at den greske grunnteksten inneholder spesifikke astronomiske faguttrykk som senere gikk tapt i bibeloversettelsene. Således finner vi uttrykkene «stjernen i dens aftenoppgang», samt at det fortelles at stjernen «ble stående i fram- og tilbakegang». Nå hadde alle kulturfolk på Jesu tid et visst kjennskap til astronomi, bl.a. fordi de måtte



Figur 1 Nesten samtidig stillstand av Jupiter og Saturn over åsene ved Betlehem, den 12. november, år 7 f.Kr. (klokken 20 lokaltid i Jerusalem, 35° øst for nullmeridianen Greenwich). Det svake lysskjæret som synes å stråle ut fra planetene, er zodiakallyset. Retning sydvest.

*) Luftkrigsskolen, Trondheim

navigere etter stjernene. Men faguttrykkene i grunnteksten vitner om en høyere utviklet astronomi, og det var det ikke så mange som hadde. D'Occhieppo følger sporene tilbake til Mardukpreslene eller magerne i Babylon. Byens gamle skytsgud het Marduk. Arkeologiske funn fra Babylon viser at det eksisterte her en flere tusen år gammel astronomisk skoletradisjon. Dens matematiske framstillingsevne nådde et høydepunkt mot slutten av det 3. århundre f.Kr., og magernes system var faktisk nesten enerådende gjennom fire århundrer helt til det ble overtruffet av arbeidene fra Klaudius Ptolemaios' hånd. Magernes observasjoner ble etter hvert skrevet ned med kileskrift på leirtavler og oppbevart i tempelarkivene. Leirtavlene er nå oftentliggjort, og man har lært seg å verdsette disse astronomenes høye nivå. Bl.a. var de istrand til å beregne planetenes gang ganske nøyaktig. D'Occhieppo mener at de har forutsett fenomenet med Betlehemstjernen allerede 60 år før den var synlig på himmelen.

Hva var det så magerne observerte? Man har kanskje lett for å tenke seg Betlehemstjernen nærmest som en slags lysende sol. Men stjernen var ikke slik at vanlige mennesker la merke til den. Bibelen forteller at hele Jerusalem ble forvirret over det vismennene fortalte, og kong Herodes måtte spørre dem nøyere ut hva dette gjaldt. Ingen hadde sett stjernen. Ifølge D'Occhieppo var stjernen en svært sjeldent samstilling av to planeter, Jupiter og Saturn. Disse planetene hadde i samtiden en religiøs betydning. Jupiter var guden Marduks stjerne. Det magerne hadde regnet ut og observert, var at Jupiter i tre måneder av året 7 f.Kr. søkte sammen med Israels stjerne Saturn på himmelen midt i stjernebildet Fiskene, som representerte landområdet Judea. Av dette tolket de at en stor konge skulle bli født i Israel.

Den 15. desember år 7 f. Kr. hadde Jupiter og Saturn felles aftenoppgang med bare én grads lengdeforskjell, og det er et meget sjeldent fenomen. D'Occhieppo mener faktisk å kunne stadfeste dagen for vismennenes besøk hos Jesus til den 12. november dette år. Han mener også at det såkalte zodiacalset (dyrekretslyset) må ha spilt en viktig rolle, ettersom beregninger viser at på den angeldende dato hadde dette lyset når det ble betraktet i retning fra Jerusalem mot Betlehem form av en lyskjegle med Jupiter/Saturn øverst i kjeglen og lysstrålen vendt ned mot Betlehem. Lyskjeglen ble steilere utover kvelden, slik at lyset som så ut til å lyse fra stjernen fulgte planetene i deres bevegelser og pekte ned mot det samme stedet på jorden.

Den skal være skarpt skodd innen antikk astronomi som skal være istrand til å underkaste D'Occhiepos grundige arbeid en kritisk faglig analyse. Boka gir overfor en legmann som undertegnede et tilforlatelig inntrykk. Interessante er de bildene som er tatt ved Urania-planetariet i Wien,

f.eks. den samtidige stillstand av Jupiter og Saturn slik den fortonet seg over åsene ved Betlehem om kvelden 12. november år 7 f.Kr. (se figuren). Det bør kanskje til slutt nevnes også hva B.L. van der Waerden, selv en ansatt forsker innen antikk astronomi, skrev til forfatteren i anledning av bokas førsteutgave: «Med stor interesse har jeg lest Deres 'Betlehemstjerne'. De har overbevist meg».

Konradin Ferrari d'Occhieppo: Betlehemstjernen - hva var det som hendte? Universitetsforlaget 1983. 188 sider kr. 95,-.

Nye medlemmer opptatt på styremøtet 22.08.1984

Lektor Arne Egil Fylling
Sykkylven Videregående Skule
6230 Sykkylven

Cand.real. Morten von Heimburg
Fysisk Institutt
AVH
7055 Dragvoll

Cand.real. John Fredrik Moxnes
Forsvarets Forskningsinstitutt
Postboks 25
2007 Kjeller

Forsker Rolv Rommetveit
Rogalandsforskning
Studiesenteret
Ullandhaug
4001 Stavanger

Vit.ass. Gunvald Strømme
Institutt for eksperimental fysikk
7034 Trondheim - NTH

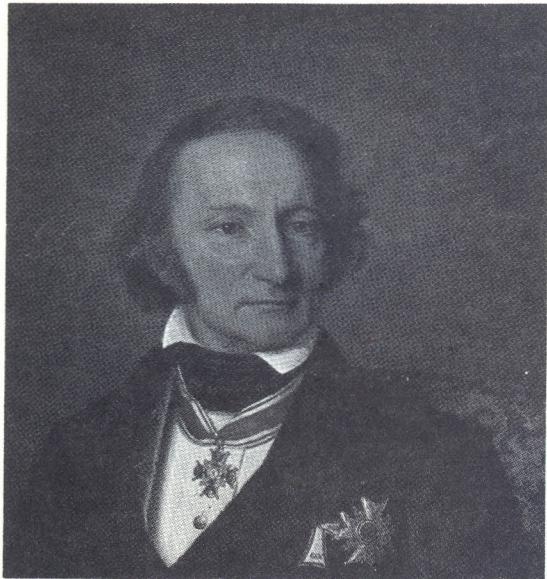
Forsker Terje Wahl
Forsvarets Forskningsinstitutt, avd. mat.
Boks 25
2007 Kjeller

PEDAGOGISKE PERSILLEKVASTER

Fra Grunnskolerådet foreligger nå Høringsutkastene til revidering av Mønsterplanen.

Disse skulle visstnok være så positive. Vi sakser fra Norsk Skoleblad nr. 33, 1984 s.20:

Utkastene er et oppkok av opprampsede banale sosiologiske betrakninger ispedd noen syltynne humanistiske fraser - selv-følgeligheter servert og dandert med pedagogiske persillekvaster.



Christopher Hansteen (1784-1984) En pioner i norsk universitetssmiljø

Johannes Mathias Hansteen *

Vi kan i år feire 200-års-dagen for Christopher Hansteens fødsel. Han var i årene 1816 til 1861 professor i anvendt matematikk og astronomi ved den institusjon som da ble kalt Det Kongelige Frederiks Universitet i Christiania.

1. Historisk bakgrunn

Etter flere hundre års kamp var endelig det kongelige reskript om opprettelsen av vårt første universitet underskrevet den 2. september 1811. Nasjonen hadde grunn til å glede seg. Men nå begynte det harde slitet med å bygge opp den lenge etterlengtede institusjonen. En stab av velkvalifiserte universitetslærere kunne ikke skapes i en håndvending. Vitenskapelige oppgaver av både praktisk og teoretisk art måtte løses; hertil kom undervisningsmessige og administrative problemer. Sett i sammenheng med landets vanskelige finansielle situasjon, kunne alle disse oppgavene synes å være nærmest uløselige. En sentral skikkelse i dette arbeidet, og vel den sentrale skikkelsen blant universitetets naturvitenskapsmenn i hele den første halvdelen av forrige århundre, var nettopp Christopher Hansteen.

* Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

2. Liv, virke og forskningspolitikk

Hansteen var blitt utvalgt til universitetslærer på grunnlag av sin besvarelse av en prisoppgave som var oppstilt av Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab i 1811 med titel: «Kan man forklare alle Jordens magnetiske Særsyn af en enkelt Magnetakse, eller nødes man til at antage flere?» Prisen, en gullmedalje, ble tildelt Hansteen. I sin fremlagte avhandling mener han å påvise nødvendigheten av å måtte anta at jorden har to magnetiske akser, altså at vår klode er en magnetisk kvadrupol. Jordmagnetismen ble den vitenskapsgren som gjennom resten av livet var hans hovedinteresse. med en enestående energi og utholdenhett, nesten stahet, utfoldet han her sin forskningsaktivitet. Den ble av grunnleggende betydning for datidens internasjonale vitenskap, noe man først i de aller seneste år er blitt klar over på nytt.

Sommeren 1814 fikk Hansteen i København beskjed om at han av Kong Christian Frederik var utnevnt til lektor ved det nyopprettede universitetet i Christiania. Beretningen om hans hjemreise til Norge for å overta sin stilling i fødebyen, er spennende lesning. All samferdsel til sjøs mellom Norge og Danmark var den sommeren sperret av svenske og engelske krigsskip. Og i Danmark var det under trussel om dødsstraff forbudt for nordmenn å reise til Norge på annen måte enn gjennom Sverige. Og for å passere dette landet måtte man sverge troskap-sed til den svenske kongen, noe ingen norsk med lojalitet overfor Eidsvoldsgrunnloven kunne tenke seg å gjøre. Hansteen kjøpte derfor for egne midler en hurtigseilende kaperlugger. Med et mannskap på 20 norske sjøfolk som nettopp var sluppet ut av engelsk krigsfangenskap, våget han seilasen fra København til Norge sammen med sin unge hustru og sin yngste bror. Like utenfor Risør ble de etter beskytning med kanoner oppbrakt av en engelsk fre-gatt. Heldigvis forsto den britiske kapteinen at dette var fredsommelige reisende og slapp dem fri. - Godt at det i dag er mindre farefullt å tiltre et universitetsslektorat.

Umiddebart etter ankomsten til hjemlandet tok Hansteen fatt på sine forelesninger og dessuten de første praktiske oppgaver som hørte til hans plikter som astronom, nemlig å skaffe landet en egen almanakk og sørge for en nøyaktig tid. For å kunne utføre den sistnevnte plikt, trengte universitetet og han et observatorium. Som et provisorium startet virksomheten med et observasjonsskur på Vippetangen ved Akershus. Først i 1830 ga Stortinget bevilgning til en egen observatoriebygning som kunne tas i bruk i 1834. Observatoriet fikk et instrumentutstyr som etter datidens forhold var godt, men beskjedent. Observatoriebygningen står den dag i dag bak Universitetsbiblioteket på Solli Plass. - Hva det kostet Hansteen av anstrengelser og utnyttelse av personlige kontakter å skaffe de aller nødørftigste bevilgninger kan ennå være stoff for

forskningshistoriske avhandlinger.

På grunn av «Landets forstyrrede Pengevæsen» kunne Hansteen ikke få trykt sin prisavhandling fra 1811. Den inneholdt mange idéer, og all diskusjon med utenlandske kolleger måtte foregå ved privat korrespondanse. Dette måtte føles håpløst vanskelig for en mann med hans aktivitetsnivå. Han skriver til sin kollega og venn H. C. Ørsted i Danmark at han var full av iver etter å bidra til «at Norden ved egne Kræfter kunde bringe magnetteorien i Rigtighed» og videre at «unægtelig burde også en Magnet- og Nordlystheorie komme fra os». Først i 1819 utkom avhandlingen i sterkt utvidet form på tysk, typisk nok takket være økonomisk understøttelse fra Kong Karl Johan. Den hadde tittelen «Untersuchungen über den Magnetismus der Erde, I Theil». Avhandlingen vakte oppsikt både ved sitt innhold og ved sitt vakre typografiske utstyr. Hansteen sørget nemlig for at alt trykningsarbeide ble utført her hjemme og la særlig vekt på at de mange kobberstikk-plansjene i boken ble kvalitetsmessig utført. Den vel mest berømte av datidens geofysikere, Alexander von Humboldt, skriver i et brev noe slik som at han er forundret over at «man i det fattige Kobberland har kunnet trykke og gravere et slike verk». Det er ingen overdrivelse å si at med denne avhandlingen kommer norsk naturforskning for første gang for alvor med i internasjonal vitenskap. Studiet av jordmagnetismen fikk i flere årtier fremover en sentral plass i samtidens fysikk. Det var også planlagt at den første del av verket «om et Aars Tid» skulle følges opp med et nytt bind som skulle handle om «de magnetiske Lysphenomener», da særlig nordlyset. Dette bindet kom aldri, vel særlig på grunn av trykningsutgiftene, men også på grunn av sterk åndelig nedtrykhet, depreasjon og overanstrengelse hos forfatteren.

Hansteen kom til å stå i nær kontakt med de mest kjente europeiske jordmagnetikere, blant annet C. F. Gauss i Göttingen, som uttrykte seg meget positivt om Hansteens innsats. I 1834 skriver Hansteen til Ørsted at han planlegger å selge sin «Københavnske Gulmedaille» for å få nok penger til å besøke Gauss i Göttingen. «Thi den (medaljen) er indkommen ved videnskabelig Syssel og den gaar passeligst til at bef ordre samme Maal». Om gullmedaljen ble solgt vet vi ikke, men sikkert er det at Hansteen og Gauss fikk treffe hverandre i 1839 til felles inspirasjon, utbytte og anerkjennelse.

3. Reisen til Sibir

For å bekrefte sin jordmagnetiske kvadrupolhypotese var det viktig for Hansteen å få magnetiske data fra Sibir, et område som den gang var meget lite kjent av vesteuropæiske reisende. Han besluttet å foreta en ekspedisjon dit, og det lyktes i 1827 å få Stortinget til å bevilge en sum til dekning av utgifte. Dette skjedde under henvisning til ekspedisjonens betydning for Norges kulturelle omdømme i

utlandet. At den utbedrete summen av taktiske grunner var regnet for lavt er en annen historie. Etter ankomsten til Russland sendte Hansteen inn en ny søknad om tilleggsbevilgning til regjeringen. Og da hadde man ikke noe valg: «Naar De er kommen ind i Sibirien, faar vi vel see til at skaffe Dem hjem igjen». En noe ukonvensjonell fremgangsmåte overfor en bevilgende myndighet.

Sibir-ekspedisjonen varte i 25 måneder fra 1828 til 1830. Han ble alle steder mottatt som en av vitenskapens store menn, og fikk sammen med sine medhjelgere samlet inn et rikt materiale av magnetiske data. Reiseruten var imponerende for sin tid. Den gikk til Irkutsk like ved Baikalsjøen og den kinesiske grensebyen Maimatschin i syd, og også med båt ned Jeniseifloden til Turuchansk i nærheten av Nordishavet. Tilbakereisen gikk via Semipalatinsk over Kirgisersteppen. Sibirekspedisjonen er meget fornøyelig skildret i et stort avsnitt i Hansteens «Reise-Erindringer» som utkom på norsk i 1859. Deler av denne boken ble utgitt på nytt i 1969. Hansteens Reise-Erindringer kan med stort utbytte leses den dag i dag. Boken er preget av forfatterens fine fortellerevne, solide dannelses og hans levende interesse for medmennesker under alle livets forhold. Glimtvis kan det hos Hansteen øynes et åndelig slektskap med en annen pennefør nordmann som vi i år feirer 300-års-jubileet for, nemlig Ludvig Holberg.

4. Konklusjon

Christopher Hansteen var en kulturell drivkraft i vårt lille norske samfunn i den vanskelige oppbyggingsperioden i årene etter 1814. Det skyldes først og fremst ham at det forholdsvis tidlig ble skapt et fruktbart naturvitenskapelig miljø her hjemme. Hans store anseelse og innflytelse, ikke minst i utlandet, førte til at alle grener av naturforskningen fikk en rikere grobunn enn man kunne ha ventet. Det er derfor gledelig og riktig at hans livsverk i de aller siste årene er tatt opp til ny og positiv vurdering, både fra forskningmessig og samfunnsmessig synsvinkel.

En rekke sentrale forskerpersonligheter i vårt land har ennå ikke fått sine endelige biografier skrevet. Til disse hører Christopher Hansteen. Dette er beklagelig og bør rettes på. Hans livsinnsats var så rik og mangslungen at her skulle være rikelig med materiale å øse av. - Jeg lar oppfordringen, ja utfordringen, gå videre til engasjerte vitenskapshistorikere med naturvitenskapelig bakgrunn.

Litteratur:

1. J. Carwood: The Magnetic Crusade: Science and Politics in the Early Victorian Britain. *Isis* 70 (1979) 439.
2. T. Grønningsæther: Christopher Hansteen og framveksten av norsk astronomi i begynnelsen av det 19. århundre. Hovedoppgave. Astrofysisk institutt, Universitetet i Oslo. Våren 1982. NB: Med mange kildehenvisninger.
3. Chr. Hansteen: Untersuchungen über den Magnetismus der Erde. Erster Teil. (J. Lehmann und Chr. Grøndahl, Christiania, 1819).

Den gregorianske kalenderreform - nu 400 år efter

Foredrag v/dr. A. Ziggelaar *)
Referat v/Ingolf Andersen

Den lange nat

Den spanske helgeninde Theresa af Avila, (Santa Theresa de Jesus) - i dag Spaniens nationalhelgen - hensov ifølge de gamle annaler fredeligt natten mellem den 4. og den 15. oktober Anno Domini 1582. Den tilsyneladende ekstremt lange nat havde sin velbegrundede årsag: Et paveligt dekret havde revet 10 dage ud af kalenderen.

Det korte år

Året 1582 varede altså kun 355 dage. Hidtil havde et normalt år været på 365 dage, og hvert fjerde år indskød man en ekstra «skuddag» efter den 23. februar, hvorfor denne måned fik 29 dage i stedet for normalt 28.

Man kan spørge: Hvor længe havde denne regelbundne vekslen mellem normale år og skudår været i brug, før Gregor den 13. med et paveligt indgreb berøvede året 1582 hele 10 døgn og indførte en ny tidsregning? Svaret er for at være nøjagtig: Den Julianske Kalender, der foreskrev skudår hvert fjerde år, blev indført af Cæsar i året «708 efter Roms grundlæggelse», eller med almindeligt sprogrug: 46 år før vor tidsregnings begyndelse.

Det vender vi tilbage til.

Det var for at rette en divergens mellem den Julianske Kalender og det virkelige tidsforløb, at paven påbød den «lange tidøgns-nat» og samtidig indførte Den Gregorianske Kalender, den såkaldet «Ny Stil» med de nugældende skudårsregler. Kort sammenfattet lyder de:

1. Arstal, der er delelige med 4, er skudår.
2. undtagelse: Årstal med endetal 00 er ikke skudår.
2. undtagelse: Årstal, der er delelige med 400 er skudår.

- Ved første øjekast en lille, men i virkeligheden betydningsfuld ændring.

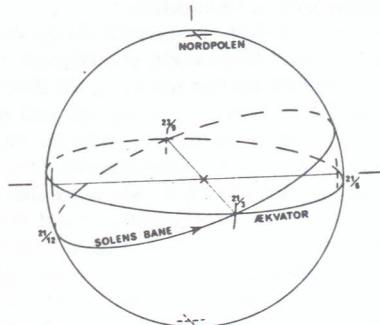
Lidt populær astronomi

For at begrunde disse tilsyneladende vilkårlige regler om skudår og ikke skudår må vi tage astronomien til hjælp. Astronomien havde i højmiddealderen og senere gjort så store fremskridt, at man kunne følge Solens og Månenes nøyagtige bevægelser i Dyrekredsen. Men hvordan bestemmer man astronomisk et gennemsnitlig års længde? Lad os kalde det et tropisk år».

På fig. 1 gengives skematisk det gamle verdensbillede, hvor Solen - og Månen - kredser om den centrale faste Jord. Årstiderne skyldes Solens

*) Fysisk Institut, Danmarks Lærerhøjskole.

Fra Fysik Kemi 1983/3.



årlige vandring mellem fiksstjerneerne langs Ekliptika fra billede til billede i Dyrekredsen. To gange om året, nu om dage den 21. marts og 23. september, står Solen i himlens ækvator, og dag og nat er lige lange - det er jævndøgn. Imellem disse to datoer ligger vores sommer, fordi Solen bevæger sig i dyrekreds billeder oven over himlens ækvator.

Efter 23. september dykker Solen ned under ækvator og vedbliver at synke, indtil den 21. december, vintersolhverv, da Solen vender og stiger op mod ækvator. Når Solen efter kryds er ækvator, forhåbentlig den 21. marts, er der gået et tropisk år siden sidste forårsjævndøgn. Cæsars indkalde astronom, Sosigenes fra Alexandria, havde regnet med et tropisk år på 365 døgn + 6 timer. Men det praktiske liv kræver hele døgn - altså fik det borgerlige år 365 døgn, og solekipagen kom med bravour 6 timer for sent på ét år, 12 timer for sent på to år, 18 timer på tre år og et helt døgn på 4 år. Foråret ville så først begynde den 22. marts, og efter 4 år senere den 23. marts. Altså måtte man tilstå Solen en ekstra dag hver 4. år til at samle forsinkelsen op - en skuddag. Så vidt - så godt!

Men naturen ville det anderledes!

En fejl på 3/400 af et døgn, d.v.s. knap 11 minutter pr. år, vælter beregningen. Solen bruger i virkeligheden kun $365 \frac{1}{4}$ døgn minus 3/400 døgn for at nå tilbage til forårspunktet i ækvator. Man havde undervurderet Solens march-hastighed i Dyrekredsen. På 400 år ville fejlen løbe op til 3 hele døgn, og Solen ville gå over målstregen 3 dage for tidligt. Det gjorde den, og det fik den lov til uantastet i mere end 1600 år! Hvis det var blevet ved sådan, ville vi efterhånden have fejret påske til høst og jul mellem udsprungne anemoner.

- Og nu er det på tide at vende tilbage til Cæsar!

Cæsar havde haft i sinde at lade året begynde ved vintersolhverv, hvor Solen begynder at stige fra sit dybeste sted, og han ville lægge nytårsdatoen og dermed årets begyndelse på den daværende 25. december.

Romerne fejrede solhvervet med Saturnaliafesterne - en glædesmættet optakt til starten på et nyt år. Cæsar kunne naturligvis af gode og nærliggende grunde ikke ane, at de kristne nogle århundreder senere ville vælge at lægge festen for Kristi fødsel i netop disse festdage for således at kristne denne hedske skik.

Men - vil man indvende - hvorfor tog Cæsar så ikke skridtet fuldt ud og kaldte selve solhvervsdagen for «1. januar»? År 46 f.Kr. blev nemlig forvirret nok til også at have tålt denne ændring. Men nej!

Her støder vi på en mærkelig inkonsekvens i Cæsars kalenderreform. Han ville tilpasse den nye epoke både efter Solens og Månen's gang. Månen og dens faseskifte havde jo fra gammel tid været i højeste grad dominerende i menigmands tidsinddeling. Den nye tidsregning skulle derfor begynde med en nymåne. Men fortrædeligt nok: I året 46 før Kristus viste den tynde månesegl sig først på aftenhimlen en uge senere - og den dag blev så nyårsdag, den 1. januar. Lad os lige minde om, at året 46 f. Kr. udviste så mange omkalfatninger og ekstra indskudsmåneder og -dage, at dette «Forvirringens år» varede i 445 dage.

Den næste hurdle: Datoen for forårsjævndøgnet. Kirkemøtet i Nikæa.

Forårsjævndøgnet lå i Cæsars tid skiftevis på den 25. og den 24. marts, tre måneder efter vintersolhverv, men afhengig af skudårene. Men som vi lige har set, begyndte det så småt at bevæge sig baglæns i kalenderen, og i året 325 efter Kristus var det jævndøgn allerede den 21. marts.

Samme år sammenkaldte kejser Konstantin de kristne til det første økumeniske koncil i Nikæa i Lilleasien. Hensigten med mødet var at bevare enheden i kirken, enhed i «faith and order» i tro og kirketugt. Den rette tro blev fastlagt med fordømmelse af afvigeren Arius' kætterske fornægtelse af Kristi evige guddommelighed- og sidst, men ikke mindst, man vedtog, at alle kristne skulle fejre påsken ikke alene på en søndag, men på samme søndag. Denne vedtagelse var bl.a. rettet mod en uønsket skik hos visse kristne, nemlig at fejre påsken efter jødisk kalender den 14. Nisan, d.v.s. den 14. dag efter forårets første nymåne. Påsken skulle i fremtiden fejres efter en allerede eksisterende regel; nemlig søndagen efter den første fuldmåne «i foråret», dvs. efter forårsjævndøgnet. Da jævndøgnet i året 325 var rykket frem til den 21. marts, lagde man sig fast på denne dato - og nu var Månen for alvor kommet ind i tidsregningen på en måde, der kunne blive strid om.

Det blev astronomerne i Alexandria, der hvert år blev adspurgt, indtil man i Rom selv fik en dygtig astronom, Dionysius Exiguus, (= Dionysius den Lille). Han opstillede en regel, hvorefter man selv kunne beregne påskedagen. Heldigt, at det skete,

før araberne erobrede Alexandria (642).

Men endnu engang skulle tidsregningen behøve justering, og påskeberegningen ændres. Dionysius' regel byggede dels på den faste jævndøgnsdato (21/3), og dels på grækeren Metons månecyklus, som dog allerede var kendt af babylonierne. Den gik ud på, at alle ny- og fuldmånedatoer gentager sig i perioder på 19 år. Når man ved det, kan man let finde datoerne for alle nymåner i et bestemt år (x), blot man kender årets «gyldental», dvs. årets nummer inden for Metons cyklus. Man finder det efter reglen:

$$x + 1 = 19q + r$$

Resten r = gyldentallet. Hvis $r = 0$, er gyldentallet = 19. Til hvert gyldental svarer der en «epakt». Epakten er det tal, der angiver Månen's «alder» på nyårsdagen. Ordet er afledt af det græske ord epaktai = tillagte (dage), nemlig det antal dage man skal lægge til det foregående års sidste nymåne for at nå frem til nyårsdagen.

Desværre er Metons cyklus ikke helt nøjagtig. Fejlen beløber sig til ca. 1 1/2 time i løbet af 19 år. Man har:

235 måneomløb = 19 år minus 19/312,7 døgn. Deraf folger at efter 312,7 års forløb kommer Månen ét døgn for tidligt efter Metons cyklus. Ingen af de gamle beregninger havde altså holdt stik, så i det 16. århundrede faldt det astronomiske jævndøgn på den 11. marts - og Månen var kommet 4 døgn foran! Følgen var, at påske tit ikke blev fejret på den rigtige søndag. Hermed er ringen sluttet. Vi er nået frem til pave Gregor den 13.s kalenderreform med de nugældende skudårsregler. Kirken overtog ansvaret for bestemmelsen af fuldmånedatoen efter nye regler, udtaenkta af en læge fra Syditalien Luigi Giglio, og udarbejdet af Christopher Clavius, der var matematikprofessor ved jesuitternes skole i Rom, Collegio Romano. I 1800 opstillede matematikeren Carl Friedrich Gauss en formel til beregning af påskedatoen efter disse regler.

Giglios idé gik ud på følgende:

Hidtil havde der til hvert gyldental været knyttet en bestemt epakt. Giglio opstillede nu en tabel, hvorved sammenhængen mellem gyldental og epakter (30 i alt) ændredes i århundredernes løb. Herefter kan man altid indrette kalenderen (d.v.s. beregningen af nymånernes datoer) efter Solens og Månen's gang, idet man vælger den kombination af gyldental og epakt, der gælder for det løbende århundrede. Påsken skulle i al fremtid fejres efter gammel kristen tradition, nemlig efter Nikæa-konciles intentioner.

Reformen gik ud fra Copernicus' teori

Igennem lang tid har astronomer forsøgt at måle præcist, hvor mange døgn og brøkdele af et døgn, der går på et tropisk år. I middelalderen nåede Kong Alfonso X af Castilien til resultatet: 1 tropisk år = 365, 2425 døgn eller netop $365 + \frac{1}{4} - \frac{3}{400}$ døgn. Men inden 1543 havde Copernicus

fundet en ny talværdi, eller rettere sagt, flere, på grundlag af mange målinger, foretaget i tidernes løb. De var alle behæftet med fejl, men Copernicus tog dem alle alvorligt, så han troede, at årets længde svinger omkring en middelværdi, der er næsten lig det alfonsiske år. Derfor brugte Clavius denne års-længde, som man kendte fra middelalderen, fordi den svarede til Copernicus' middelværdi, fordi det er alt for upraktisk at lægge en foranderlig års-længde til grund for kalenderen, og fordi det alfonsiske år præcist kan udtrykkes i nogle få enkle brøkdele af et døgn. Allerede af den grund kan man sige, at den gregorianske kalenderreform bygger på Copernicus' teori - dengang den mest moderne, mens vi nu ved, at den var forkert, skønt middel-værdien stadig er udmærket til kalenderformål. Vigtigere er dog, at Clavius opstillede kalenderens månecyklus (beregning af fuldmåner) efter Copernicus.

«Gammel Stil» og «Ny Stil»

«Ny Stil» blev straks overtaget af den romersk-katolske verden, således Italien, Spanien, Portugal, Polen og et år senere Frankrig. Tyskland og Schweitz var delt i katolske og protestantiske områder, men da kejseren havde brug for alles støtte til kampen mod tyrkerne, turde han ikke lægge pres på de protestantiske fyrster. Således kunne det gå til, at danskeren Niels Steensen fra det protestantiske Schwerin den 18. december 1685 skriver i et julebrev til en ven i det katolske Münster: «I er jo midt i juleglæden, som vi først venter om otte dage».

I Münster var datoene for den samme dag den 28. december!

Tyske protestanter pegede på, at paven havde betegnet «Ny Stil» som en *stedsevarende* kalender. Men til kristen tro hører, at verden engang skal have en ende. Altså var pavens reform kættersk! En hård beskyldning.

Englænderne talte forarget om pavelige trusler om bandlysning. Noget sådant var der ikke tale om i pavens dekret.

Toneangivende astronomer som Tyge Brahe og Johannes Kepler gik ind for reformen.

Først i året 1700 gik Danmark og Norge samt Tyskland og Nederlandene over til «Ny Stil» - i Norge og Danmark især efter Ole Rømers indsats. Allerede i 1696 gjorde han forestillinger for kongen Christian V. Senere pegede han på det tidsspilde og den forvirring, der var en følge af den vekslende brug af «Ny Stil» og «Gammel Stil», ikke mindst forretningsmæssige forviklinger ved aftaler og begningerne efter to forskellige tidsregninger.

Men han havde også andre argumenter; i et brev til en ven kunne han udbryde: «Er der nogen skam i at modtage noget godt fra Rom? Har ikke kirken modtaget den Julianske Kalender og dagenes navne fra de hedenske romere?» I Danmark og Norge udelod man 11 dage i februar 1700, idet ma. 1.

marts fulgte umiddelbart efter sø. 18. februar.

Den teologiske fakultet i København var først imod reformen, fordi der eventuelt kunne opstå tro på pavens ufejbarlighed, men gav efter imod at man lod astronomien bestemme påske-datoen. Der til må siges, at Clavius godt vidste, at reglerne ikke gengav Månen bevægelse helt nøjagtigt, men de var forholdsvis enkle, og kun én ud af 10 påskedatoer er forkerte efter moderne astronomi. Danmark og Norge valgte altså astronomien, og i 1724 fejrede protestanterne påsken en uge før katolikkerne. Først i 1743 påbød Chr. VI at følge den Gregorianiske Kalenders påskeberegning. Englænderne holdt længe på de gamle traditioner. Voltaire raillerede: «De tåber er hellere uenig med Sol og Måne end enige med paven».

Men i 1752 gav de sig.

Svenskerne havde år 1700 planlagt en gradvis overgang gennem en 40-årig periode, men opgav - og først i 1753 blev det alvor. Dog bibeholdt de deres egen påskeberegning, der var indført af Anders Celsius i 1739. Den var gældende helt til 1844.

Rusland kom med i 1918, Grækenland i 1924, men kun i det borgerlige liv. Østens kirker har holdt fast ved den gamle påskeberegning.

Burde påskesøndagen lægges på en fast dato? - Skal kalenderen reformeres?

Nu har den gregorianske reform fungeret i 400 år, i hvert fald hos de romersk-katolske. Er den ikke forældet? Skulle kalenderen ikke rationaliseres? Skal påsken stadig beregnes efter metoder, der har rødder i det gammeltestamentlige Israel, og som står og falder med et nøjagtigt (i 1930 drejede det sig om brøkdele af sekunder!) kendskab til Månenes bevægelse?

I hvert fald står det fast, at påsken skal fejres på en søndag. «Det var en søndagsmorgen skøn, vor Frelser stod op af graven». Søndagen er vor ugentlige påskefestdag. Men alle datoer - også søndagene - formindskes hvert år med 1 eller 2, nemlig med syvresterne af 365 og 366. Alle rede i 1834 foreslog en italiensk præst, Marco Mastofini, ikke at regne årets sidste dag og heller ikke skuddage med som ugedage. Derefter vil en og samme dato hvert år falde på samme ugedag.

Overraskende mange er imod dette og andre fremsatte forslag til rationalisering. Livet bliver for ensformigt - hvorfor skal den 15. januar altid være en søndag? Så kan man ikke længere sige: «Det var det år, da din fødselsdag faldt på en søndag» - eller «- da julafoten var en mandag». Nogle jøder har alvorlige religiøse betænkeligheder. Det vil betyde et brud på den orden i sabbaterne, som Gud har grundlagt fra verdens skabelse, da Han «hvilede på den syvende dag» (1. Mosebog 2,3). Heldigvis kan man lægge påskefesten fast uden at ændre den øv-

lige kalender. Man har foreslået at lægge påskesøndagen fast på en søndag i april - efter pave Paul VI's forslag - nemlig på søndagen efter den anden lørdag i april. Påskedag vil da altid ligge fra den 9. til den 15. april mod de nuværende muligheder fra den 22. marts til den 25. april. I 1977 faldt påske-søndag netop på den anden søndag i april - nemlig den 10. april - både efter den gregorianske og de ortodokse regler. Men forslaget blev aldrig ført ud i livet.

Påskens placering griber tit ind i tilrettelæggelsen af vore aktiviteter. Et stort problem er, at Østens kristne stadig følger den gamle beregning, der er helt ude af takt med astronomien. Følgen er, at de kristne i vor økumeniske tid ikke engang kan enes om at fejre deres største fest, påskefesten, til samme dato. Det havde de da gjort indtil 1582 trods alle splittelser.

Østens kristne stiller sig ikke helt afvisende over for en slags ajourføring af deres påskeberegning. Den pavelige kalender vil de ikke overtage, men nok bøje sig for og evt. rette sig efter moderne astronomis hårfine beregninger. I så fald vil enheden den kunne opnås, da Vestens kristne sikkert ville følge med. Den gregorianske reform er jo så tæt på virkeligheden, at dens påskedatoer næsten altid bekræftes af moderne astronomi. I de 10 pct. af tilfældene, hvor der er afvigelser, vil Vestens kristne sikkert indrette sig både efter astronomien og de ortodokse kristne.

Men indtil da må vi - nu 400 år efter - konstatere, at Gregor 13.s kalenderreform fuldt ud har levet op til de intentioner, man havde i 1582.

Å lære å forstå Ohms og Newtons lover kvalitativt - er det så enkelt?

Per Vold *

1. Innledning

Fra og med skoleåret 84/85 tas den nye fagplanen i fysikk i bruk ved alle videregående skoler. Den er for øvrig gjengitt i FFV, nr. 3, 1983, mens den gamle fagplanen er gjengitt i FFV, nr. 1, 1982.

En sammenligning mellom de to fagplanene viser at vi nå får en fagplan, mens vi tidligere har hatt to (fagplan A og B). Videre at de vesentligste forandringerne i emneinnholdet går på at termofysikk og mekanikk i væsker og gasser er erstattet med mere moderne fysikk (litt kvantmekanikk, elementærpartikler og astrofysikk og emnet energi-samfunn). Dessuten er det foretatt en ombytting på rekkesfølgen af en god del emner ved at lys og bølger,

* Sjekrigsskolen, 5034 Ytre Laksevåg.

atom- og kjernefysikk er flyttet til 2FY, mens noe av mekanikken (skrått kast og krefter og energiforhold i en elastisk fjær), er flyttet til 3FY.

I forbindelsen med utarbeidelsen av den nye fagplanen ble selve emneinnholdet grundig diskutert. Når den nå er klar til å bli tatt i bruk, tror jeg det kan være nyttig å drøfte: Hva vil det si å forstå fysikk på 2FY nivå? Jeg vil diskutere det ut fra en del resultater fra egne og andres undersøkelser som går på forståelse av sentrale begreper og lover innen elektrisitet og mekanikk. (Ohms lov og Newtons lover). Enn videre hvilke problemer lærer og elev står overfor når det viser seg at kunnskapene til en gjennomsnittslev, er betydelige mindre enn det en kunne ønske. Det er enkelt å konstatere hva en elev ikke forstår. Langt verre er det å utvikle og gjennomføre et undervisningsopplegg under nævneværende grensbedingelser som ville kunne bedre innsikten til vedkommende elev. I dag er det nemlig slik at omlag 60 % av elevene til artium får karakteren 3 eller dårligere i fysikk. Samtidig forteller skolefysikkrapporten (1) at 99 % av lærerne mener at pensumet i fysikk er for stort. (Fagplan B). Det er kanskje derfor egentlig ikke så overraskende når undersøkelser viser manglende innsikt i grunnleggende begreper, da det nok i hovedsak er dem med 3 og nedover som slår ut og gir dårlige statistikker. Men, legg merke til at utgjør flertallet av elevene. Skal man bedre fysikkforståelsen til disse, er det en forutsetning at disse elever sammen med læreren får bedre arbeidsbedingelser enn det de har i dag. Vil så det bli tilfellet med den nye fagplanen i fysikk? I en redegjørelse for denne heter det blant annet. Jeg siterer (2): «Vi forutsetter at emnene i 2FY blir behandlet mere kvalitativt enn tidligere». Rent umiddelbart tolker jeg dette slik at et emne som tidligere har hatt et matematisk preg, nå skal ha det i atskillig mindre grad, og at fysikken følgelig skal fremstilles «enktere».

Hittil har det nok vært slik (iallfall til ganske nylig), at hovedvekten av eksamsoppgavene (og også oppgavene i lærebøkene), har gått på å kunne anvende fysiske lover i regneoppgaver av forskjellig vanskelighetsgrad fra det enkle som å kunne huske og bruke en formel ved å finne en verdi for enhver fysisk størrelse i loven, til det mer krevende som å kunne vurdere under hvilke forutsetninger loven gjelder, det vil si å kunne skjelne mellom fysiske situasjoner, hvor den kan og ikke kan anvendes. Men det å forstå fysikk (3,4) innebærer også evnen til å kunne redegjøre presist for et observert fenomen, en lovmessighet eller et begrep i ord. Det er dette jeg oppfatter som en kvalitativ eller fenomenologisk fysikkforståelse. Men er dette så enkelt? Er det ikke slik at tilsynelatende enkle forklaringer kun er mulige gjennom dyp forståelse? Så selv om en som er god til å forklare, gjør det uten bruk av matematikk, er det vel tvilsomt om innsikten som forklaringen er et produkt av, er uavhengig av ma-

tematikk. Spørsmålet blir hvor mye matematikk er nødvendig for å kunne forstå typiske basisbegreper og lover og hvordan har lærebøkene tolket den nye fagplanen på punktet om at emnene skal behandles mere kvalitativt enn tidligere.

2. Forutsetning for å kunne forstå fysikk

Jeg vil gjerne illustrere dette med en historie om Einstein. I en sommerferie på Long Island ble han god venn med en kjøpmann, og en dag ville han forklare relativitetsteorien til sin nye venn. Men jeg vil ikke være i stand til å forstå. Jeg kan ikke matematikk, sa vennen. Einstein svarte, jeg kan forklare den uten å bruke matematikk, og begynte så ivrig med å skrive ned formler. Nei, nei, skrek mannen. Jeg kan virkelig ikke noe matematikk. Men dette er ikke matematikk, sa Einstein. Det er kun algebra.

Spørsmålet er dermed redusert til: Hvor mye algebra trenger man for å kunne forstå fysikk? Det er vel vanskelig å komme utenom den rette linje, $y = kx$, eller loven om proporsjonalitet. Man må vite at blir den ene størrelsen fordoblet, så blir den andre fordoblet. I hvilken grad man skal være i stand til å manipulere med $y = kx$ ved hjelp av symboler, er en annen historie. Videre er det å tegne grafen og å interpretere informasjonene fra denne igjen en ny ferdighet. Hierarkiet og sammenhengen mellom disse ferdighetene er ikke åpenbare. I hvilken grad forstår så elevene i 2FY loven om proporsjonalitet og enkel algebra?

3. Eksempler på forståelse av proporsjonalitet

La oss så se på en del eksempler. Følgende spørsmål har jeg stilt til 2FY elever da de begynte første skoledag etter ferien.

Nedenfor er vist et avstandsskilt i både km og miles og et hvor kun avstanden i km er angitt. Beregn avstanden i miles.

Cleveland 94 miles 152 km	Wahoo miles 380 km
---------------------------------	--------------------------------

Resultatene og løsningsmetodene henholdsvis L1 og L2 er skissert i tabell 1.

Vi ser at det er ganske stor forskjell på de to klassene. Det henger kanskje sammen med at den klassen som scoret best, også hadde best karakterer i matematikk fra 1.klasse. Konklusjonen må likevel bli at de behersker loven om proporsjonalitet i rimelig grad når de begynner på 2FY. Men, legg merke til hvordan de fleste løste oppgaven, de unngår matematiske symboler, de bruker tall.

Elevene tar vanligvis utgangspunkt i Ohms lov på formen $U = RI$, selv om lærebøkene gjerne først presenterer den på formen $R = U/I$ ved at man varierer spenningen over en motstand, og måler den tilsvarende strømmen.

Et eksempel som illustrerer dette: Gitt en krets som består av et batteri med spenning $U = 10V$ og ikke

Skoleår	Antall elever i 2FY	Riktig	L1
81/82	19	14	5
82/83	37	33	<10
L1:	$\frac{X}{94} = \frac{380}{152}$	L2: $\frac{152}{94} = 1,6$ og $\frac{380}{1,6} = 237$	

Tabell 1. Resultater og løsningsmetoder (L1 og L2) til 2FY elever på følgende spørsmål: Gitt to avstander en i både miles og km (152 km, 94 miles) og en i kun km (380 km). Beregn avstanden i miles.

en motstand med resistansen $R = 20\Omega$. Finn strømmen i kretsen.

Igjen har vi to løsningsmetoder:

$$L1: U = RI \text{ gir } 10V = 20\Omega \cdot I \Leftrightarrow I = 10V/20\Omega = 0.5A$$

$$L2: U = RI \Leftrightarrow I = U/R = 10V / 20\Omega = 0.5A$$

I begynnelsen brukte jeg automatisk L2, men jeg merket etterhvert at de fleste elevene brukte L1. Jeg hadde en lang diskusjon med elevene om dette, og de foretrak L1, for der reduseres Ohms lov til en ligning med bare en ukjent. Det er de nemlig fortrolige med fra matematikken i 1.klasse (1MA), mens L2 innebærer manipulering med en ligning med 3 ukjente symboler, og det er de ikke vant til. La oss se litt nærmere på dette. I hovedsak jobber elevene i 1Ma med $y = kx$ ved å trenne inn selve funksjonsbegrepet. y er altså å betrakte som en avhengig variabel. De tegner grafer for ulike k -verdier, for at de skal danne seg et bilde av hva formelen uttrykker og hvilken betydning k har for grafen. Dessuten brukes grafen til å finne k , lese av hvilken x -verdi som svarer til en gitt verdi av y og omvendt. Men de får lite eller ingen trening i å løse $y = kx$ med hensyn på x , heller ikke trenes de opp til å uttrykke i ord hva de ulike størrelsene representerer. Følgelig har de ikke et tilsvarende bilde av $x = y/k$, langt mindre av hva $k = y/x$ generelt innebærer. Derved blir elevene når de møter $U = RI$ i Piagets terminologi, brukt ut av likevekt ved at de er konfrontert med problemstillinger de ikke er familiære med. Ovennevnte spørsmål løser de imidlertid ved å redusere det til et de er fortrolige med.

For å konstruere en kunnskap som er slik at de behersker Ohms lov i alle dens former, er det nødvendig at de får vekselvirke med den både eksperimentelt og teoretisk på en slik måte at tilstrekkelig erfaring med hva som skjer når en av størrelsene varierer, oppnås. Det innebærer at man ikke bare skal variere spenningen og se hvordan strømmen da varierer, men også se hvordan det går med strømmen når resistansen varierer. Tilhørende grafer tegnes og resultatene formuleres matematisk og med ord. Øvelsen (oppgaven) utvides så ved at kretsen består av to motstander i parallel, og deretter motstander både i parallel og serie. Å gjennomføre dette eksperimentelt for alle er tidkrevende, dersom elevene skal få sjansen til å prøve og feile, og ikke

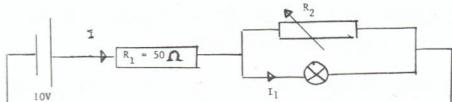


Fig 1. Kretsen ble brukt til å undersøke den kvalitative forståelsen på en prøve i 2FY. Spørsmålet var:

Hvilken av følgende påstår er korrekt om vi minker R_2 ?
Begrunn svaret.

1. I_1 øker og I er konst
 2. I_1 øker og I øker
 3. I_1 øker og I minker
 4. I_1 minker og I øker
 5. I_1 minker og I er konst

bare bli fortalt hvordan det skal gjøres og hva svaret skal være. Totalt har jeg latt elevene få bruke 5-6 timer på laboratoriet til å gjennomføre et slikt opplegg, men det er for lite for en god del av elevene.

Hvor dyp forståelsen er, har jeg undersøkt ved å stille følgende spørsmål: Gitt kretsen (se fig. 1). Hvilken av følgende påstander er korrekt om vi minker R_o? Begrunn svaret.

Det viser seg at kun sekser-kandidater svarer tilfredsstillende. Vi kan vel si at dette er et krevende kvalitativt spørsmål, men er det mulig å svare godt uten å ha en dyp forståelse av Ohms lov? Jeg tror det ikke.

Konklusjonen min er at en tilsvarende enkel kvalitativ forklaring krever dyp innsikt. Skal man kunne oppnå denne innsikt for et større antall elever, krever det gjentagelse av den prosess som nett-opp er beskrevet, da det er den som fører til intellektuell utvikling eller læring. Det er ikke nok med bare en oppsummering av sluttresultatet på nytt.

4. Å tilegne seg forståelse av kraftbegrepet krever anstrengelse og er tidkrevende.

Vi vil så gå over til å se på mekanikken som tradisjonelt har vært det emne 2FY starter med, mer spesielt bevegelsesligningene ved konstant akcelerasjon og Newtons lover. I denne forbindelse sitter jeg igjen fra ref. 2:

«Mesteparten av mekanikken i 2FY er flyttet til 3FY». Realiteten er at det kun er horisontalt og skrått kast og krefter og energiforhold i en elastisk fjær som er flyttet til 3FY. (Fagplan B). Jeg har ansatt disse emnene til å ville utgjøre maksimalt 30% av mekanikken i 2FY om de hadde blitt beholdt der. Det er bare tiden som er avsatt til å lære den, som er vesentlig redusert i forhold til før. Her bør jeg kanskje presisere, den tiden jeg har brukt i min egen undervisning på å behandle disse emnene (se tabell 2 og diskusjon nedenfor). Et opplegg som ikke avsetter tilstrekkelig tid til et så vanskelig emne som mekanikk, vil neppe kunne fungere. Alternativet er at tiden tas fra andre emner, eller er det mulig å tjene inn tid ved å behandle mekanikken i 2FY mere kvalitativt. Jeg vil igjen gjennom eksempler prøve å vise hva jeg forstår med en kvalitativ behandling av mekanikken.

Utgangspunktet mitt er hvordan de nye lærebø-

NY FLAGPLAN (Samlet tid 7 uker)		LÆREBOKER	TID (Min vurdering)
Innhold	Presisering		
Bevegelses- ligningen	Anvendelse på rettlinjede bevegelser	$v = v_0 + at$ $s = v_0 t + 1/2at^2$	3,5*
Kraft og Newton's lover		$F = ma$ $G = S = ma$ $F_2 = F_1$	3
Frikjon			1
Arbeid, energi og effekt.	Energiover- gang i typer Felt $E_k = E_p = C$	$W = Fd \cos \varphi$ $EP = -1/m_2 v_0^2 / 2/m_1 v_1^2$ $W_p = \Delta E_k + \Delta E_p$	2,5
Vektorer, kapasiteter, temp- eratur og temperatur skalaer	Bevaring av energi Kalorimetri		

a) 1 uke går til grunnstørrelser og usikkerhet.

Tabell 2. Tabellen viser lærebøkens formelle tolkning av fagplanens innhold (kol 1 og 2). Den er omstridt om Utdelningene har også minst samme matematisk præcision og omfang som før. Skal en skikkelig brevprefatstekst oppholde konsistens med det allerede fortalt kvantitative åsvel som kvalitativ behandling av disse emmene. I kol 4 er vist den tid jeg har bruk på de samme emmene under gammel fagplan.

kene har tolket fagplanen på dette punkt. Dette er illustrert i tabell 2, hvor den nye fagplanens innhold er sammenlignet med lærebøkenes tolkning av dette. Etter min vurdering er tolkningen av fagplanen innenfor denne del av mekanikken slik at innholdet adskiller seg lite fra det som er pensum etter nåværende fagplaner. Følgelig er det mulig å sammenligne den tid en bør avsette til de ulike emner. Dette er gjort i siste kolonne i tabell 2. Mine data er basert på et nokså nøyaktig regnskap med hensyn til hvilken tid jeg har brukt på disse emnene i min egen undervisning de to siste år. Jeg har altså brukt vesentlig lengre tid, og følgelig er det min påstand at det er avsatt alt for liten tid til å kunne oppnå en rimelig begrepsforståelse (kvalitativ og kvantitativ) blant flertallet av elevene innenfor så sentrale emner som bevegelse og dens årsak. Jeg vil dog innskyte at jeg i mine første undervisningsår nok brukte noe mindre tid. Det var før jeg hadde oppdaget hvilke forståelsesmessige problemer elevene hadde og hvor vondt det gjorde dem som ikke hadde en rimelig forståelse inne. Dette kommer jeg tilbake til, men la meg nå først se på noen eksempler.

1. Et legeme henger i en snor i taket på en heis, som er i ro.
 - a) Tegn inn hvilke krefter som virker på legeommet.
 - b) Tegn også motkraftene og presiser hvilke legemer de virker på.
 2. Heisen beveger seg med $a = 2 \text{ m/s}^2$ oppover. Finn kraften på legemet fra snoren når dets masse er 0.2 kg.
 3. En jente trekker en kasse med konstant fart langs bakken. Tegn kreftene som virker på kassen og jenta i horisontal retning. Angi kraft - motkraft parene.
 4. Figur 2 viser to fjærkrester A og B. Fjærkonstanten er dobbelt så stor for A som for B. Når man drar fjærvektene fra hverandre, avleser man en kraft på 4N på A. Hva avleser man på B? Gi en kort forklaring.

Etter å ha drillet inn Newtons 2. lov klarer mange elever å få riktig svar på 2.12 av 17 i min un-

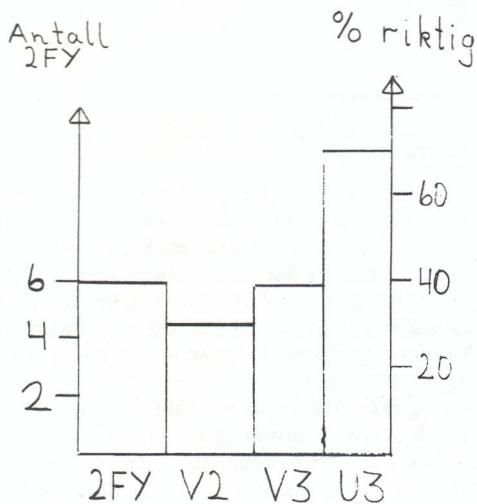
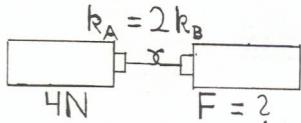


Fig 2. Figuren viser riktig svarfordeling for en av mine fysikkgrupper (2FY) sammenlignet med undersøkelsen til Lie og Sjøberg hvor V2 og V3 står for deres fysikkgrupper i henholdsvis 2. og 3 kl, mens U3 er studenter med minst 20 gr i fysikk. Spørsmålet er skissert øverst.

dersøkelse, som er en tradisjonell kvantitativ regneoppgave. 1a går også meget bra, 16 av 17, men her slipper de presiseringen - angi i ord hvilke krefter det er - som jo nettopp tester den kvalitative forståelsen. Det gjøres i 1b, og da er det bare 7 av 17 som svarer riktig.

Riktig svarprosent for spørsmål 4, er vist i fig 2, hvor resultatene til Lie og Sjøberg (5) er sammenliknet med resultatet fra en annen av mine fysikkgrupper i 2FY. Jeg stilte spørsmålet i første fysikktimen i 3.klasse, slik at noen forutgående forberedelse ikke hadde vært mulig. Jeg vil også gjerne ha nevnt at denne 2FY gruppen var jevn og liten (17 stk.) og kanskje den beste jeg har hatt. Av dem som klarte spørsmålet hadde alle enten 4, 5 eller 6 i standpunkt i 2FY, men det var også flere med så god standpunkt- og eksamenskarakter som ikke svarte riktig. Angående spørsmål 3 er det diskutert av P. Peters (6) i en større undersøkelse blant «Honors Students», ved universitetet i Washington. Disse studentene tar et mer krevende fysikkurs og utgjør kun 3% av det totale antall som tar introduksjonskursset i fysikk. Det er således en meget utvalgt gruppe. I undervisningen av Newtons lover var det lagt meget stor vekt på å fremheve at krefter virker på et legeme fra et annet. Dette ble fulgt opp ved at studentene måtte tegne kraftdiagrammer for ethvert problem hvor Newtons lover ble brukt inklusive

dert presisering i ord av dette sentrale - at en kraft virker på et legeme fra et annet.

Jeg har illustrert dette i fig. 3 ved måten jeg selv har understreket dette på i min egen undervisning. Til tross for dette viste det seg at «kun» 57% (Peters formulering) av denne meget utvalgte gruppen klarte å tegne inn riktig retning på friksjonskraften fra bakken på jenta. Generelt viste det seg at mange studenter hadde følgende vanskeligheter: De blandet sammen fart med kraft, akselerasjon med kraft, bevegelsesmengde med kraft og masse ganger akselerasjon med individuelle krefter. Videre at kraft - motkraft parene virket på samme legeme eller i samme retning.

Ovenstående eksempel illustrerer vel spesielt vanskeligheten elever har med å identifisere kraft - motkraft parene, altså å anvende N.3 på en riktig måte. Resultatet blir at N.2 også blir brukt galt. I forbindelse med begrunnelse av svaret i ord, ble det gitt feilaktige formuleringer som kassen beveger seg med konstant fart fordi kraften jenta virker på kassen med, er nøyaktig lik kraften kassen virker på jenta med. Slike er nok velkjente for de fleste lærlere.

Med andre ord, man forveksler motkraften i N3 med den individuelle kraften i N2 som skal til for å gi $\Sigma F = 0$. Elevene kaller også gjerne sistnevnte for motkraft. Hva skal så til for at flertallet av elevene i en gjennomsnittsklasse skal få bukt med slike misoppfatninger?

Ifølge A. Arons, som har skrevet flere artikler om dette, (4,7), begynner ikke elevene å forstå selve kraftbegrepet før de er i stand til å anvende N.3 riktig.

Det er også Arons erfaring at det som skal til for at flertallet av elever skal få bort slike misoppfatninger, er nettopp å la studentene tegne kraftpiler og å beskrive hver kraft med ord, hvilken det er, hvilket legeme den virker på og fra, gjentagne ganger over en periode på uker. Han poengterer dessuten meget sterkt at de viktigste øvingene blir repetert om og om igjen, og at det først er nok, når elevene er i stand til å si hvilke krefter som virker med egne ord på grunnlag av sine egne kraftdiagram.

När det gjelder sammenblandingen av bevegelsesmengde og kraft, så er den påvist i flere artikler (5, 8, 9). Den blir gjerne omtalt som elevenes alternative eller fornewtonske begrepsforståelse og som

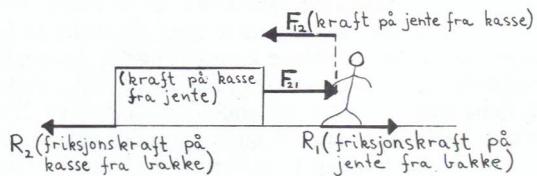


Fig 3. Løsningsforslag til spørsmål 3. (se tekst). Motkraftene til friksjonskraftene er ikke tegnet inn.

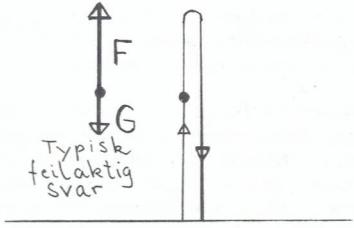


Fig 4. Vertikalt kast med et typisk feilaktig svar.

elevene bringer med seg idet de begynner på fysikken. Den går ut på at en kraft er nødvendig for å opprettholde farten. En slik ide er formålstjenlig i det daglige liv, men det viser seg at det er vanskelig og tidkrevende å få elevene til å forandre disse forestillingerne.

Jeg tar med et eksempel på dette også, siden det står så sentralt i 2FY, nemlig det vertikale kastet. Clement (8) undersøkte den kvalitative forståelsen ved å stille følgende spørsmål: En mynt ble kastet rett opp i luften, som vist i fig. 4. Et typisk ukorrekt svar var: Mens mynten beveger seg oppover, virker en kraft F fra handa oppover på mynten. På veien oppover må den være større enn G , ellers ville mynten bevege seg nedover. Spørsmålet ble stilt til ingeniørstudenter både før og etter kurs i mekanikk ved Universitetet i Massachusetts. Studentene svarte meget dårlig med riktig svarprosent på henholdsvis 12% og 28% før og etter kurset.

Clement kaller denne forutinntatte meningen for «bevegelse impliserer kraft» modellen. Viennot (9) har gått videre og konstruert en modell for hvordan studenter tenker om kraft. Ifølge denne modellen har studentene samtidig både en Newtonsk og ikke-Newtonsk oppfatning av kraft-begrepet. Omstendighetene avgjør hvilket synspunkt som vil gå seirende ut.

Hvis studentene opplever at det er en konflikt (kraften er motsatt av farten, eller at øyeblikksfarten er null), vil studentene ofte forsøke å forklare bevegelsen ved å introdusere en ikke-Newtonsk kraft. Denne nye kraften har da samme retning som bevegelsen og er proporsjonal med farten istedenfor akselerasjonen.

5. Konsekvenser for undervisningen

Etter min vurdering viser disse resultatene at det er tidkrevende og ikke lett å få elevene til å forkaste sine alternative forklaringsmodeller til fordel for Newtons lover. For min egen del har jeg bevisst brukt mye tid (se tabell 2) på fundamentale begreper og lover i mekanikken. Jeg har imidlertid ikke kunnet avsette den tid som etter min mening er nødvendig for at en enda større prosent av elevene skal oppnå en rimelig kvalitativ forståelse av disse fundamentale begreper. For de langsomme elevene slår dette meget uheldig ut ved at de da ikke har den nødvendige innsikt til å kunne forstå dypt nok mere

sammensatte begrep og relasjoner som potensiell energi og energioverføringer. Dette har til stadighet for meg vært en uløselig konflikt-situasjon. Å se at mange elever etter hvert får mindre og mindre utbytte av undervisningen, samtidig som du ikke har verken tid eller ressurser til å gi dem den hjelp de trenger. Dessuten er det vel neppe noe emne som er mere avslørende for en stakkars elev som ikke har forstått, enn nettopp mekanikken. Derfor er det også etter min mening meget viktig å utvikle et sosialt klima i klassen som er slik at svake elever tør å feile, og at de kan gjøre det i trygghet. Jeg synes ikke det er lett å få til, og jeg har vært meget forsiktig med å «presse» elever til å si noe i forståelsesmessige diskusjoner overfor hele klassen. Jeg har nemlig i diskusjoner med elevene gang på gang blitt slått av hvordan de flinke elevene får de mindre flinke til etterhvert å åpne munnen mindre og mindre gjennom sine presise og for dem selvfolgelige beskrivelser av fenomener som er basert på dyp forståelse. De opplever det som dumt når de sier at akselerasjonen er null for et vertikalt kast idet lege-met snur, når en annen med største selvfolgelighet sier at akselerasjonen, den er 10m/s^2 , for den er jo lik tyngdeakselerasjonen, og den er jo *den samme hele tiden*. En statistiker konkluderer: Dette er grusomt, kun 40% av elevene vet at $g = 10\text{m/s}^2$; en god lærer fortviler, - tiden tillater meg ikke å gå gjennom de prosessene som er nødvendige for å redusere feilprosenten til 20%.

Dersom meningen nå er å bedre den begrepsmessige forståelsen til flere av elevene, trengs det spesielt i mekanikk, men også i elektrisitet, at det blir avsatt mere tid til disse basismennene og ikke mindre. Dette er også meget sterkt understreket av Trowbridge og McDermott (10). De har dokumentert vanskeligheten elevene har med å oppnå en kvalitativ forståelse av fart og akselerasjon.

Hva skal så en lærer gjøre? Jeg foreslår to alternativer:

- Bruk de 4 ukene som er avsatt til tilvalgstoff i 2FY til fordypning i mekanikk 3 uker og elektrisitet 1 uke. Det gir fagplanen anledning til.
- Foreta organisatorisk differensiering i 4 uker. Eleven med 3 eller dårligere får fordypning i kjernestoff som i A med lærer. De andre elevene får mere utfordrende tilvalgsstoff med annen lærer. (Krever ekstra ressurser på omlag 1/2 rammetime pr. klasse).

Referanser:

1. Norsk Fysikkråd, Skoleundersøkelse i Fysikk, 1981.
2. P. Jerstad og T. Alstadheim, Ny fagplan for fysikk, RVO-skrib av 19/1-1982. (3407 F81).
3. F. Reif, J. Larkin og G. Brackett, Teaching general learning and problem-solving skills, Am. J. Phys. 44 (212) 1981.
4. A. Arons, Phenomenology and logical reasoning in introductory physics courses, Am. J. Phys. 50 (13) 1982.
5. S. Lie og S. Sjøberg, Fart og kraft. Universitetet i Oslo.

6. P. Peters, Even honours students have conceptual difficulties with physics. Am. J. Phys. 50 (501) 1982.
7. A. Arons, Thinking, reasoning and understanding in introductory physics courses, Phys. teach. 19 (166) 1981.
8. J. Clement, Students preconceptions in introductory mechanics, Am. J. Phys. 50 (660) 1982.
9. L. Viennot, Spontaneous reasoning in elementary dynamics, Eur. J. Sci. Educ. 1 (205) 1979.
10. D. Trowbridge and L. McDermott, Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension, Am. J. Phys. 49 (242) 1981. (Se også McDermott's oversøksartikel i Phys. today, July 1984).

Bøker

Structure of Complex Turbulent Shear Flow, International Union of Theoretical and Applied Mechanics, Symposium, Marseille, 31. aug.-3. sept. 1982. Utgiver R. Dumas og L. Fulachier. Springer-Verlag 1983. 444 sider. DM 98,-.

Turbulensfenomenet har egenskaper som kan sammenlignes med elefantens - det er stort og rynket, til tider meget dominerende i fysiske situasjoner, og vanligvis vanskelig å bli klok på. I praksis må en ofte til en kombinasjon av teoretiske og eksperimentelle metoder under forenklaende antagelser slik som uniform eller periodisk vekslende strømning i enkel geometri, for eksempel over plane flater, for å være i stand til å beskrive enkelte delområder av det store beist. Ovenstående bok inneholder forelesninger og diskusjoner fra et fire dagers seminar i Marseille i 1982, hvor man forsøkte å belyse turbulensmysteriene under kompliserte, men i praksis ofte viktige geometriske betingelser. Boka inneholder ialt 37 artikler, med hovedvekt på eksperimenter. Den er delt inn i fire hovedavsnitt:

1. Turbulent grensesjikt ved vegg (11 artikler). For eksempel vekselvirkning mellom grensesjikt og fleksible overflater, måling av medstrøms rotasjonskomponent og alle tre hastighetskomponenter, måling av hastighetsfeltet over en skarp kant, grensesjikt for væske i rotasjon, strømning over en bølgende overflate og i en krum vindtunnel.

2. Fri turbulens (14 artikler). Turbulente stråler, sekundær virvelgate bak sirkulær sylinder, turbulensfelt generert av en roterende sylinder, og tredimensjonalt kjølvann bak en pilformet vinge.

3. Supersonisk strømning (6 artikler). Sjokkbølger, kompressjonsfleksjonsfekter, todimensjonalt kjølvann ved høye Reynolds tall, bl.a.

4. Vekselvirkende strømning (6 artikler). Turbulensbilde nær et hjørne, vekselvirkning kjølvann - grensesjikt, vekselvirkningsområde for todimensjonal stråle i stille luft. - Boka kan åpenbart være til nytte og bør kunne anskaffes av et fabrikat. En rikholidig litteraturliste åpner veien for en lettint adgang til mer detaljert tidsskriftlitteratur. Jeg har en følelse likevel av at forlaget har slått på stortromme litt i utide: Er det rimelig at resultatet av en spesialkonferanse som dette blir utgitt som en håndfast dyr bok med stive permer? Dette desto mer ettersom markedet for en slik bok synes å være snevert, vesentlig hydrodynamikere som søker informasjon om kompliserte strømningsfenomener.

Iver Brevik

Heinz R. Pagels:

The Cosmic Code - Quantum Physics as the Language of Nature, Michael Joseph, London, 1983, 370 pp, £ 10.95.

Bak den gedigne tittelen skjuler det seg et forsøk på å popularisere hovedtrekkene i fysikkens utvikling fra 1905 og frem til i dag. Populariseringsforsøk av slikt format løper

gerne mot en av to ytterligheter: Fra et bredt utgangspunkt blir fremstillingen fort snever og teknisk; alternativt beholdes brede og perspektiv, men fremstillingen blir tørr og blodfattig.

Etter mitt skjønn har Heinz R. Pagels med denne boka styrt klar av begge disse grøftene. Årsaken til det vellykkede resultatet ligger i to forhold. Med sin bakgrunn i teoretisk elementærpartikkelfysikk er Pagels åpenbart meget vel faglig kvalifisert for oppgaven. Det som likevel med klar margin skiller Pagels bok fra grosset av lignende populariseringsforsøk, henger sammen med hans dype sans for språket som uttrykksmiddel og viljen til å se fysikkens verden fra den uvitende, men vitebegjærlige leseres synsvinkel. Hvor treffende og veilegende for fantasien er det ikke å omtale en partikkellaksellerator som et materiemikroskop! Pagels fremstilling av fysikken for elementærpartiklene, dens forsøk på å bringe de ulike kretene inn under en felles beskrivelse, gir opplevelser og brokker av forståelse også for ikkefysikalister.

Etter mitt skjønn når Pagels det store nivå som popularisator i hans fremstilling av kvantemekanikken - dens historiske fremvekst og radikale, idemessige brudd med den klassiske fysikk. Her er mye god lesning om usikkerhetsrelasjonen, Einstein-Podolsky-Rosén paradoxet, Bells ulikhet og de franske eksperimentene som slo fast det man tidligere trodde von Neumanns analyser hadde gjort: at man må velge mellom kvantemekanikk og lokal objektivitet; det ene utelukker det andre.

Pagels bok addreserer seg til alle med et ønske om å se helheten - og storheten - i fysikken. For dem som er satt til å opplyse andre i dette faget, må Pagels evne til engasjerende fremstilling være både en inspirasjon og et forbilde.

B. Haugstad.

Pain, H.J.:

The Physics of Vibrations and Waves.

Wiley & Sons. 3rd ed. 1983. ISBN 0471 901822.

Pains bok om «The physics of vibrations and waves» har nå kommet ut i en tredje, litt omarbeidet utgave, førstutgaven kom i 1968.

Nivået boka retter seg til er fortsatt den samme: begynnerstadiet i fysikk, omrent norsk 20-gruppe nivå. Men la det allerede fra begynnelsen være sagt: boka inneholder mye som sannsynligvis ikke blir forelest på begynnernivået og inneholder andre deler som kanskje blir forelest mer generelt. Det matematiske apparat som forlanges er ikke stort.

Etter mitt syn har boka en stor fordel: den behandler svingninger og oscillative fenomen innenfor flere deler av fysikken, den binder sammen stoff og peker på overgripende likheter. Det er for få bøker på begynnerstadiet som gjør dette. Fins det noe bedre tema enn bokens for å vise akkurat sammenhengen mellom fysikkens mange deler?

Tredje utgaven har fått et spesielt og utvidet kapittel om bølger i optiske systemer, godt skrevet og egnet til å understreke det faktum at optikken kanskje i flere år nå har vært et stebarn i fysikkundervisningen. Utgaven tar også opp noen tema som vel går ut over grunnkursene, men som er gode pedagogiske utvidelser: komplete oscillatorer, transmisjonslinjer, Fouriermetoder og et lite kapittel om ulineære svingninger. Hvert kapittel avsluttes med illustrative regneeksamplar og en oppsummering av viktige resultater i kapitlet.

En god bok - både for fysikkeleven og fysikkæreren!

Anders Johnsson.

Fourieroptikk er et fascinerende fagfelt med ei svært lovende framtid. Det skulle være nok å nevne holografiens enorme muligheter innen bl.a. informasjonsbehandling. For den som vil ha ei elementær innsføring i fourieroptikkens mange sider er denne boka ypperlig. Også den dumme leser vil ha en god sjanse til å følge de møysmellige og godt forklarte resonementene. Av forkunnskaper kreves bare litt kjennskap til komplekse tall og elementær optikk.

Første halvdel av boka starter med ei innsføring i grunnleggende begreper som interferens, koherens, diffraksjon, visibilitet, m.m. Deretter ofres en god del oppmerksamhet på (fraunhofer) diffraksjon med ulike aperturer, Fourierrekker og -transformer samt konvolusjons- og korrelasjonsfunksjoner.

Siste halvdel av boka omhandler en rekke anvendelseseksempler. Ulike former for optiske avbildninger står sentralt i fou-

rieroptikken. Her er lagt mest vekt på de koherente tilfellene. Gjennom eksempler blir det vist at holografi, optisk prosessering (filtrering), mønstergjenkjenning o.l., er fagfelt med ei stor framtid. Nesten et helt kapittel er viet interferometri og Fourier transform spektroskop. Det er hovedsaklig de ulike Michelsons interferometre som er behandlet. For å kunne forstå dette stoffet bør en ha litt dypere forståelse av koherens- og korrelasjonsbegrepene, det har også forfatteren skjønt. Det hele er belyst ved astronomiske anvendelser.

Fyllige referanse- og bibliografi-lister kan stå som symbol på at boka er en fin brobygger til mer videregående bøker. Forfatteren har lagt mer vekt på fysikalisk forståelse enn matematiske sjongleringer og det vil nok mange sette pris på. Selv om boka ikke inneholder øvingsoppgaver tror jeg den egner seg godt som lærebok i grunnleggende optikkurs.

Oddbjørn Grandum

(Følgende artikkel fra FFV nr. 3 inneholdt dessverre en del ombrekningsfeil. Vi håper vi har lykken med oss denne gangen.)

NORDLYS I RELASJON TIL ENERGIOVERFØRING FRA DET INTERPLANETARISKE ROM TIL DEN ØVRE ATMOSFÆRE

Per Even Sandholt og Alv Egeland *

1. Innledning

I tillegg til energiutstråling i form av elektromagnetiske bølger (inklusive synlig lys) avgir sola en kontinuerlig strøm av ionisert gass, den såkalte solvinden (se Fig. 1)¹. Ved ulike mekanismer fanges noe av sol vindenergien opp i det nære verdensrom, magnetosfæren, for så å oversøres til den polare atmosfære, blant annet i form av nordlys. Den energi som frigjøres i nordlyset er således solenergi som er transportert fra sola til vårt nære verdensrom i form av partikkelen ergi.

I magnetosfæren er det flere kanaler for energientransport mellom solvinden og den øvre atmosfære. Kløften i magnetfeltkonfigurasjonen på dagsiden av magnetosfæren (fig. 2a) representerer en direkte kanal fra det ytre rom til den polare øvre atmosfære. Et resultat er dagnordlyset². Dette er meget følsomt for betingelsene i solvinden. Nattsiden av magnetosfæren (magnetosfære-halen) er et mer aktivt og instabilt medium som i høyere grad modulerer energitrasporten fra solvinden. Dette medfører at nattnordlyset ikke er så direkte korrelert med betingelsene i solvinden som nordlyset midt på dagen.

Et av formålene med nordlysmålingene på Svalbard er å vise hvordan dagnordlyset avspeiler endringer i de fysiske betingelsene ute i solvinden. På denne måten kan vi lære mer om den elektrodynamiske koblingen mellom solvinden og den øvre polare atmosfære. Vi vil derfor først gi en beskrivelse av noen aspekter ved denne koblingen som har stor relevans for Svalbard-prosjektet og nordlysphysikken generelt. Deretter følger en kort diskusjon av noen resultater og framtidige planer.

*) Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

II. Elektrodynamisk kobling mellom solvinden og jordas øvre polare atmosfære

Magnetosfæren er et resultat av koblingen mellom det magnetfeltet solvinden trekker med seg og jordas eget magnetfelt. Energioverføringen til magnetosfæren foregår via en dynamoprosess i grensesjiktet mellom solvind og magnetosfære. Når solvinden avgir kinetisk energi ved «friksjon» mot magnetosfæren genereres elektromagnetisk energi i form av elektriske strømmer i magnetosfæren (se fig. 2b). I magnetosfæren konverteres energien igjen til kinetisk energi i form av plasma konveksjon og partikkelnedbør innen nordlyssonen. Videre fungerer magnetosfære-plasmaet som en dynamo. Kinetisk energi (plasma konveksjon) overføres til elektromagnetisk energi ved et elektrisk strømsystem som sluttet i den øvre atmosfære (ionosfæren) der energi avgis ved oppvarming av mediet (Joule heating). Energi overføres fra magnetosfæren til

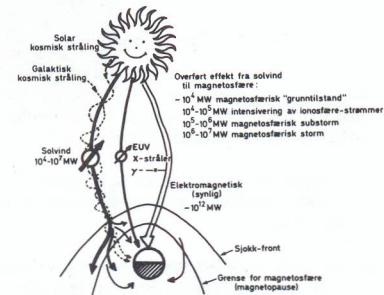


Fig. 1. Tre hovedkanaler for energioverføring mellom sola og jorda med angivelse av ulike nivåer i overført effekt fra solvind til magnetosfære og samsvarende respons i magnetosfæren. Avstanden til magnetopausen på dagsiden er typisk 10 jordradier.

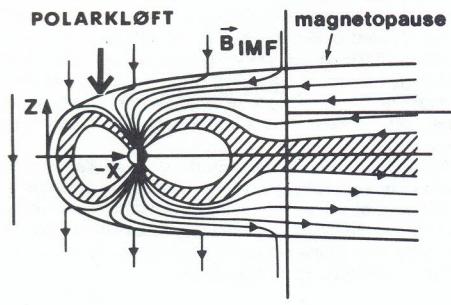


Fig. 2a. Åpen magnetosfære-modell. Vekselvirkningen med solvinden og dens magnetfelt (B_{IMF}) trekker jordas magnetfelt ut i en lang haleform. Det skraverte området er plasmasjiktet. Merk polarkløftens i feltkonfigurasjonen på dagsiden (utenfor skravert felt).

den øvre atmosfære ved elektriske strømmer langs det magnetiske felt, såkalte Birkeland-strømmer etter nordlyspioneren Kristian Birkeland som var den første til å diskutere strømmer langs magnetfeltet³.

Vi vil kort skissere den typiske responsen i form av magnetosfærisk aktivitet når effekt-tilførselen fra

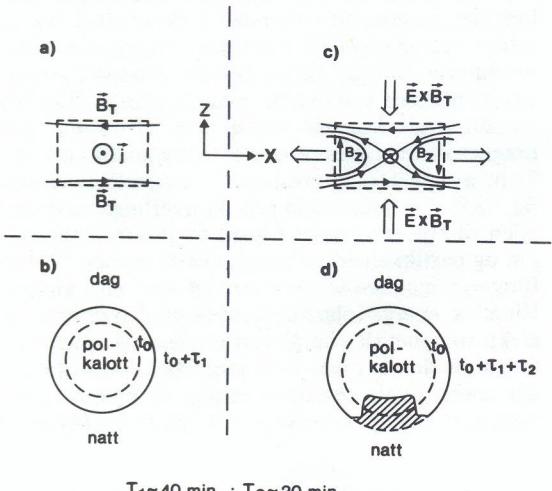


Fig. 3a. Prinsipp-skisse av magnetfeltkonfigurasjon (B_T) og strøm i plasmasjiktet (j) (jfr. fig. 2) under «vekt-fasen» med økende energioverføring fra solvinden til magnetosfæren før en magnetosfærisk substorm.

Fig. 3b. Illustrasjon av ekspansjon av pol-kalotten (den delen av det polare området der magnetfeltlinjene er åpne) og nordlyssonen.

Fig. 3c. Startfasen av en substorm. Plasmasjiktet klemmes sammen og magnetfeltlinjer som er separert i a) knyttes sammen. Vi går fra et hale-lignende til et mer dipollignende B -felt. Plasmabevegelse er markert med åpne piler. Pila i x-retningen markerer injeksjon av nordlyspartikler (sml. fig. 2). Prosessen manifesterer seg i nordlyssonen på nattsiden av jorda som en intensivering og ekspansjon av nordlysbeltet (skravert område i d).

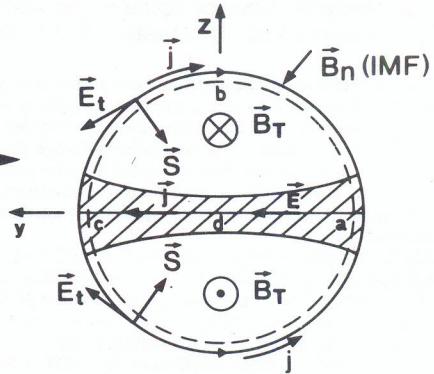


Fig. 2b. Tverrsnitt gjennom magnetosfærehalen sett mot jorda. Retning av elektrisk felt (E_t) og strøm (j) i grensesjiktet mot solvinden og i plasmasjiktet (skravert) samt Poynting-flux (S) inn i magnetosfæren er avmerket.

solvinden øker fra en nedre grenseverdi $\sim 10^{10}$ W. For effektverdier under $\sim 10^{11}$ W vil man ha en utpreget Hale-lignende feltkonfigurasjon (fig. 3a). I denne fasen (fra t_0 til $t_0 + \tau_1$ i fig. 3b) vil nattnordlyset ekspandere sydover i takt med den økende energitilførselen.

Dersom oversørt effekt fra solvinden til magnetosfæren overskridet $\sim 10^{11}$ W (fig 1), vil vi få aktiveret instabiliteter i magnetosfære-plasmaet som resulterer i mer impulsiv akselerasjon og injeksjon av plasmaskyer ned mot atmosfæren på nattsiden (se fig. 3c, d). Denne økede partikelnedbøren fører til sterk intensitetsøkning i nattnordlyset.

Endringer i konfigurasjonen av jordas magnetfelt (fra a) til b) i Fig. 3) fører med seg en markert ekspansjon av nordlysbeltet i nordlig retning («poleward expansion») (se fig. 3d). Økningen i nordlyssaktiviteten er nøyne korrelert med en tilsvarende intensivering og ekspansjon av elektrisk strøm i ionosfæren (nordlyselektrojetten). Partikelnedbøren øker ledningsevnen lokalt. I tillegg bidrar polarisasjonsprosesser til økt strømstyrke. Eksempel på forstyrrelser i det geomagnetiske felt under slike forhold er illustrert i fig. 4. En intensivering i nordlyssonen på nattsiden (ca. kl. 11 UT) er tydelig. Kristian Birkeland var en av de første til å kartlegge slike magnetiske forstyrrelser i samband med nordlysutbrudd og innførte betegnelsen polar elementærstorm. I dag er substorm en vanligere betegnelse på både det magnetiske og det optiske fenomen.

Fra fig. 4 merker vi oss ellers at den magnetiske forstyrrelsen ikke er begrenset til nattsiden av jorda. På dagsiden er intensiteten i forstyrrelsen imidlertid langt lavere og intensitetsvariasjonene skjer langsommere. Dette skyldes at ionosfæren på dagsiden ikke er koblet til en lignende plasmakilde/feltkonfigurasjon som magnetosfærehalen på nattsiden. Det synes ikke å forekomme lignende instabiliteter i strømsystemet på dagsiden som på nattsi-

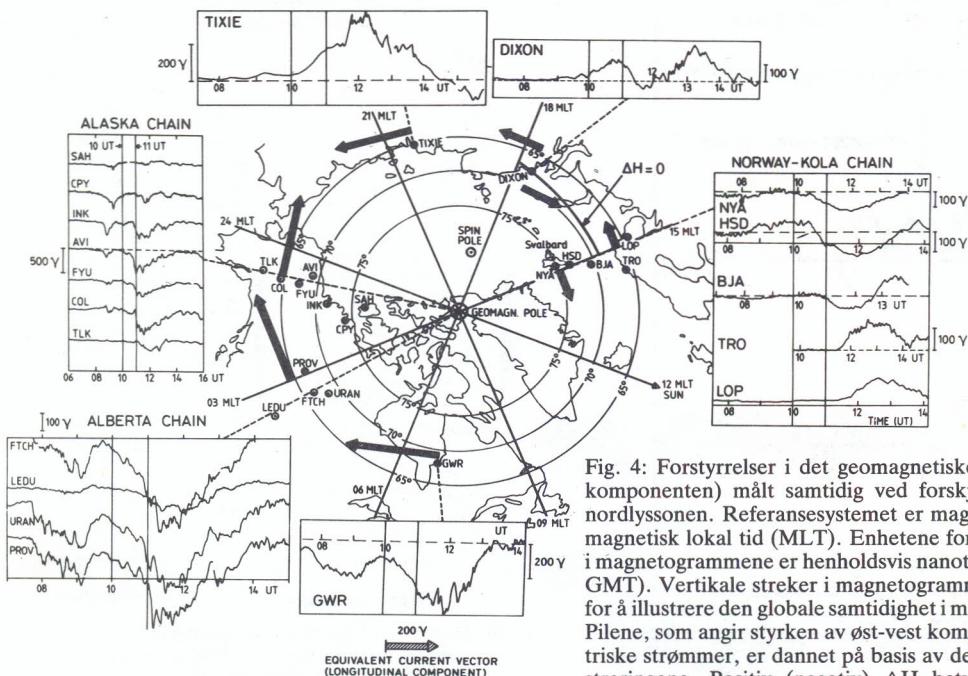


Fig. 4: Forstyrrelser i det geomagnetiske felt (horisontalkomponenten) målt samtidig ved forskjellige stasjoner i nordlyssonen. Referansesystemet er magnetisk latitude og magnetisk lokal tid (MLT). Enheterne for amplitide og tid i magnetogrammene er henholdsvis nanotesla (y) og UT (= GMT). Vertikale streker i magnetogrammene er avmerket for å illustrere den globale samtidighet i magnetisk aktivitet. Pilene, som angir styrken av øst-vest komponenten av elektriske strømmer, er dannet på basis av de magnetiske registreringene. Positiv (negativ) ΔH betyr østlig (vestlig) strøm.

den. Denne fundamentale forskjellen manifesterer seg optisk ved at dagnordlyset er langt svakere i intensitet, mer diffus, og mindre dynamisk enn det skuespill som utfolder seg i kvelds- og nattsektoren.

På våre kanter av jorda starter et typisk nordlysutbrudd (nordlys-substorm) et eller annet sted over Nord-Skandinavia for så å ekspandere opp til Svalbards bredder (~ 1000 km lengre nord) i løpet av 10-20 minutter. (Om dagen forekommer nordlyset på høyere bredder, over Svalbard under rolige magnetosfæriske forhold. Som vi skal se senere vil dagnordlyssbeltet ekspandere ned mot Nord-Norge ved sterk vekselvirkning mellom solvind og magnetosfære.) Samtidig med nordlig ekspansjon av natt-nordlyset har man ofte raske bevegelser mot vest av individuelle nordlysformer («westward travelling surges»). Dette gjenspeiler den kompliserte driften av nordlyspartiklene i dynamiske elektriske og magnetiske felt i det nære verdensrom. Etter at nordlyset og den tilhørende jordmagnetiske forstyrrelsen har nådd sin maksimale nordlige utbredelse (normalt varer dette mindre enn 20 minutter), vil aktiviteten avta gradvis over noen ti-talls minutter.

Dersom effekten av solvind-dynamoen overskriper $\sim 10^{12}$ W vil størstedelen av energien som trenger inn i magnetosfæren gå til økning av populasjonen av energirike partikler. Dette representerer en kraftig elektrisk strøm i ekvatorområdet i magnetosfæren, den såkalte ringstrømmen. Vi har en magnetosfærisk storm. De tre hovedbidragene til energiavsetningen er den magnetosfæriske ringstrøm (avsatt effekt P_R), Joulsk oppvarming i ionos-

færen (P_J), forårsaket av friksjon mellom den ionosfæren og den nøytrale gassen, samt partikkelnedbør (P_p). Dette er avtagere av den energien som solvind-dynamoen trekker fra solvinden (P_S).

$$P_S = P_R + P_J + P_p \quad (1)$$

Fordelingen av energiavsetningen mellom de tre komponentene varierer med totaleffekten P_S . For $P_S \gtrsim 10^{12}$ W er $P_S \approx P_R$. En typisk fordeling for $P_S \sim 10^{12}$ W er: $P_R \sim 10^{12}$ W, $P_J \sim 2 \cdot 10^{11}$ W og $P_p \sim 10^{11}$ W.

Vi har sett at energien antar ulike former på veien fra solvinden (rettet kinetisk energi) til den avsettes i form av oppvarming av atmosfæren. Som ledd i denne trinnvise prosessen oversøres nordlyspartiklenes energi (P_p) til atomer og molekyler i atmosfæren ved kollisjoner. Noe tapes også som bremsestråling. Ved ionisasjon og eksitasjon av atmosfæregassene lagres energien midlertidig som kjemisk energi før den ender opp som termisk energi og elektromagnetisk stråling.

Forstyrrelser i jordas magnetfelt er en god sensor for elektriske strømmer i ionosfæren og magnetosfæren (Ampére's lov) og er dermed direkte relatert til komponentene P_R og P_J av den totale energiavsetningen. Dessuten eksisterer en nøye sammenheng mellom partikkelnedbør (P_p), elektrisk ledningsevne i ionosfæren og Joulsk oppvarming (P_J). På basis av registreringer fra det globale nett av magnetometerstasjoner som er etablert (Fig. 4) kan man

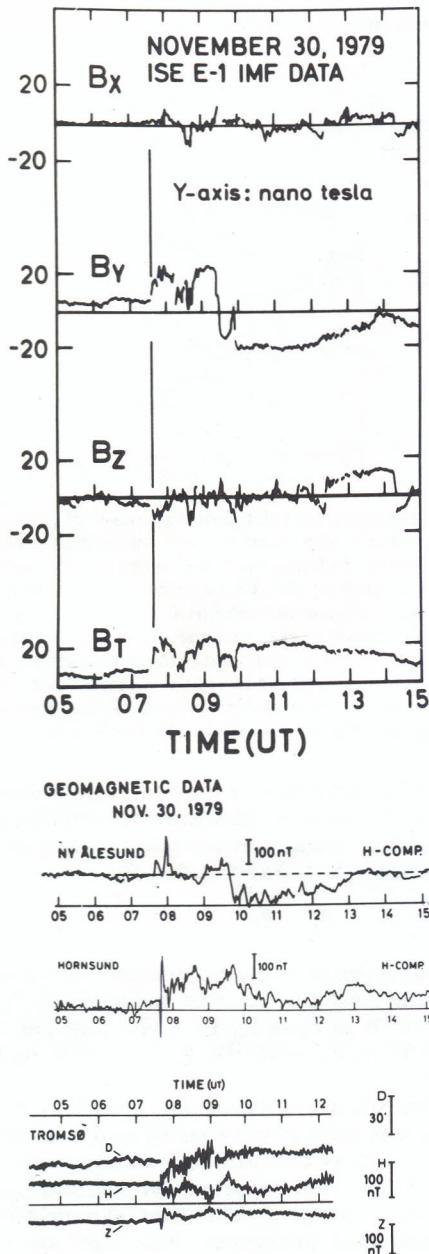


Fig. 5a. Øvre del: Tre komponenter av det interplanetariske magnetfelt samt totalfelt (B_t) målt fra satellitten ISEE-1 (enhet nanotesla) utenfor sjokkfronten (se fig. 1). B_x angir komponenten langs forbindelseslinjen jord-sol. B_y er øst-vest komponenten og B_z er nord-syd komponenten (Jfr. fig. 2). Vertikal strek markerer komprimering av B-feltet ved passasje av diskontinuitet i solvinden under utbredelse mot magnetosfæren.
Nedre del: Horisontalkomponenten av det geomagnetiske feltet i Ny Ålesund og Hornsund (Svalbard), samt alle tre-komponentene i Tromsø (Z er vertikalkomp. og D er deklinasjon). Merk sammenhengen mellom B_y i solvinden (øvre del) og variasjonene i B-feltet på bakken. Man ser ellers at solvind-kompresjonen forårsaker pulsasjoner i magnetfeltet på bakken.

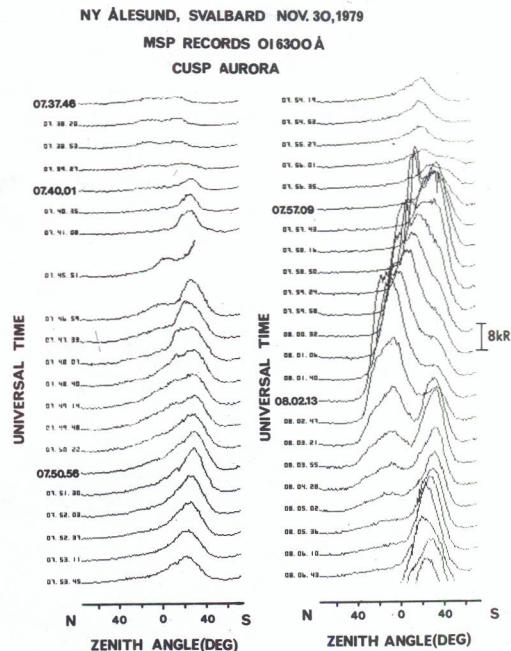


Fig. 5b. Dagnordlys over Svalbard registrert ved hjelp av fotometer som sveper fra nord til syd langs den magnetiske meridian. Figuren viser suksessive snitt gjennom en nordlysblå og gir oversikt over intensitetsvariasjoner og nord-syd bevegelser. Tiden til venstre angir starten av vedkommende svep. Merk intensitetsøkningen 0740 UT, etter komprimering av B-feltet i solvinden (fig. a.). En ny sterk intensivering starter kl. 0757 UT. Den røde nordlyslinjen ved 6300Å er den sterkeste emisjonen i dagnordlyset.

således gjøre realistiske estimater av den totale energiavsetning.

I de senere år har man fra satellitter kunnet gjøre kontinuerlige observasjoner ute i det interplanetariske rom. Man har derfor muligheten til kvantitative studier av sammenhengen mellom avgitt energi i magnetosfære/ionosfære og betingelsene i solvinden. Fra slike studier har man etablert følgende empiriske formel for effekten av solvinddynamoen.

$$P_S = u_s B_{IMF}^2 \sin^4 \frac{\theta}{2} l_o^2, \quad (2)$$

der u_s er solvindhastighet, B_{IMF} er styrken av det interplanetariske magnetfelt, θ angir retningen av dette felt (vinkelen som prosjeksjonen av feltvektoren i Y-Z planet danner med Z-aksen, se Fig. 2), og l_o^2 er det effektive tverrsnittet av magnetosfæren for oversøring av solvind-energi. Tabell I angir variasjonen av de ulike faktorene samt den totale dynamoefekten. Nedre grense ($10^{10} W$) svarer til hva man kunne kalle magnetosfærens grunntilstand, mens den øvre grense ($10^{13} W$) svarer til en sterk magnetosfærisk storm. Dersom solvindhastigheten og styrken av det interplanetariske magnetfelt er konstante, vil graden av magnetosfærisk aktivitet således alene være en funksjon av retningen av det ytre magnetfelt.

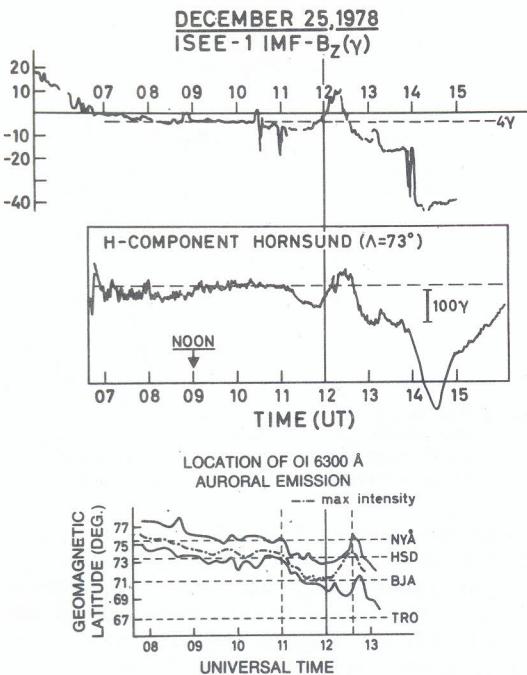


Fig. 6. Figuren illustrerer sammenhengen mellom variasjoner i retningen av det interplanetariske magnetfelt (øvre del), forstyrrelse i jordas magnetfelt (midtre del) og nord-syd drift av nordlysbeltet (nedre del). Nord- og sydgrense, samt posisjonen til maksimal lysintensitet er avmerket. Beliggenheten i magnetisk bredde av stasjonen Ny Ålesund (NYÅ), Hornsund (HSD), Bjørnøya (BJA) og Tromsø (TRO) er angitt ved horisontale prikkede linjer.

III. Dagnordlyset og de interplanetariske betingelser

Ved hjelp av mange-kanal fotometer i Adventdalen og Ny Ålesund² som registrerer kontinuerlig ved å svepe fra horisont til horisont i det magnetiske meridianplan, kartlegges bevegelser, intensitets- og spektralvariasjoner i dagnordlyset (se fig. 5b). På denne måten kan man studere dagnordlysets morfologi, høyde, spektralfordeling og dynamikk. Denne informasjon sammenholdes med forskjellige typer forstyrrelser i jordas magnetfelt samt de fysiske betingelsene i solvinden (satellittdata). Magnetfelt-registreringer fra den samtidige nattsektor (Alaska-Canada området) gir informasjon om visse prosesser i magnetosfærehulen, eksempelvis magnetosfærisk substormaktivitet (Fig. 3,4).

Enkelte forskere mener å kunne påvise en direkte sammenheng mellom nord-syd drift av dagnordlysbeltet og magnetosfæriske substormer. Våre data synes imidlertid å vise at det ikke er noen kausal sammenheng mellom substorm-prosesser og beliggenheten av dagnordlysbeltet. Vi har påvist en kvantitativ sammenheng mellom variasjon i retningen av det interplanetariske magnetfelt, styrken av ionosfære-strømmer og nord-syd drift av dagnordlyset (se fig. 6).

Disse observasjonene søkes forklart ved elektri-

ske strømsystemer som forbinder solvinden og jordas øvre polare atmosfære. Økning i energioverføringen fra solvinden, ved endring i retningen av det interplanetariske magnetfelt (vinkel θ i lign. 2), fører til intensivering av ionosfærestrømmene og sydlig ekspansjon av dagnordlysbeltet (fig. 6). Nord-syd og øst-vest komponentene av det interplanetariske magnetfelt, IMF B_z og IMF B_y , synes å være knyttet til to separate strømsystemer ved to forskjellige dynamo-prosesser. Intensiteten av strømsystemet som forbinder magnetosfæren og ionosfæren langs nordlysovalen er sterkt avhengig av IMF B_z . Strømsystemet som representerer den lokale koblingen mellom solvinden og middags-sektoren av nordlysovalen via polarkløften i magnetfeltet er styrt av IMF B_y . Effekten av dette strømsystemet på magnetfeltet målt ved jordoverflaten er illustrert i fig. 5a. Det må imidlertid understres at mye forskning gjenstår før man kan gi en fullstendig fysisk beskrivelse av de sammenhenger som her er antydet.

Et beslektet tema er dynamikk i dagnordlyset og i det lokale geomagnetiske felt (inklusive pulsasjoner) i samband med passasje av diskontinuiteter i det interplanetariske medium (jfr. fig. 5). En sentral problemstilling er her sammenhengen mellom partikkelnedbør, Birkelandstrømmer og dagnordlys. Studiet baseres på optiske bakkerregistreringer som sammenholdes med partikkeldata fra samtidig passasje over Svalbard av polare satellitter. I denne sammenheng kan nevnes at en ny amerikansk satellitt med eksperimenter av stor interesse for Svalbard-målingene ble skutt opp sommeren -83. Slike kombinerte bakke og satellittobservasjoner kan bidra til ny innsikt i det kompliserte fysiske system som jordas nære verdensrom representerer. Som vi har sett oversøres en betydelig energimengde gjennom dette systemet, fra solvinden til jordas atmosfære i polarområdene. Disse områdene tillegges nå større betydning både i nasjonal og internasjonal forskning.

Tabell 1. Effekten av solvind-dynamoen

Parameter	Variasjonsintervall	Variasjonsfaktor
u_s (km/sek.)	350 - 750	~ 2
B_{IMF} (nanotesla)	3 - 30	10
B_{IMF}^2	9 - 900	100
$\sin^4 \frac{\theta}{2}$	0.1 - 0.9	~ 10
P_s (lign. 2)	$10^{10} - 10^{13}$	~ 1000

$$l_0 \approx \text{konstant} \approx 7 \text{ jordradier.}$$

Referanser

1. E. Leer, Naturen. nr. 5/6 (1976), s. 265.
2. K. Henriksen m. fl., Fra Fysikkens Verden, nr. 2 (1984), s. 25.
3. A. Brekke, Fra Fysikkens Verden, nr. 4 (1979), s. 93.

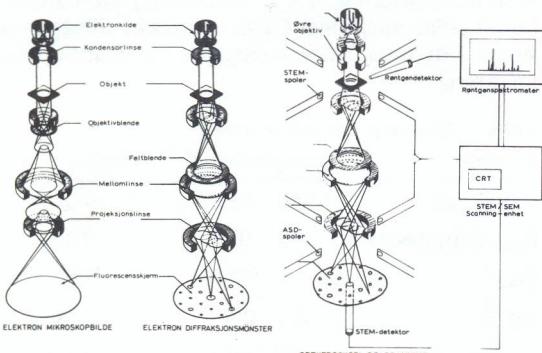
ELEKTRONMIKROSKOPI VED FYSISK INSTITUTT, OSLO:

Nytt mikroskop og nye metoder i materialundersøkelser

Jon Gjønnes*

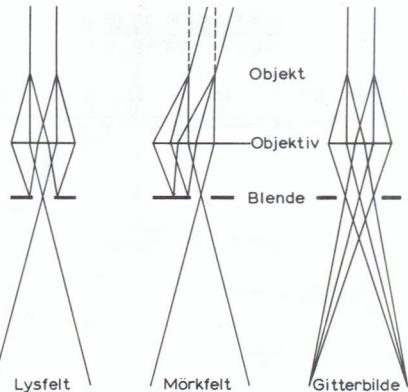
Det moderne elektronmikroskop gir oss stadig nye muligheter til å se inn i det faste stoff. Oppløsningsevnen er kommet med i 0,2-0,3 nm slik at en kan avbilde atomene i projiserte strukturer - i noen tilfelle enkelte atom. Ved å fokusere strålen på objektet kan vi nå studere struktur og sammensetning innenfor områder ned til noen nanometer, med diffraksjon og med spektroskopi av den røntgenstråling som sendes ut fra prøven der den treffes av elektronene. Størst betydning har dette i studiet av finkornete og inhomogene materialer - og det omfatter det meste av teknologien og den uorganiske natur. Struktur og mikrostruktur er ofte resultat av omvandlinger i fast tilstand - enten det er partikelutfellinger i konstruksjonslegeringer, korrosjonsprodukt på metaller, grensesjikt i mikroelektronikk eller mineraler som er omdannet da de geologiske formasjoner ble til: Elektronmikroskopet kan fortelle om omvandler og egenskaper gjennom de strukturer vi kan se.

Elektronmikroskopene er etter hvert blitt en stor familie av elektronstråleinstrument. Scanning- eller rasterelektronmikroskopet er blitt det vanligste og finnes i mange slags laboratorier. Men transmisjonselektronmikroskopet er stadig et sentralt og allsidig grunnforskningsinstrument i material- og strukturundersøkelser. Fysisk institutts nye ele-



Figur 1. De tre metodene i transmisjonselektronmikroskopi: a) Avbildning av objektet. b) Diffraksjonsmønster fra objektet. c) Spektroskopi av røntgenstrålingen som sendes ut. -Mikroskopet kan også benyttes som scanning-instrument, ved avbøyning av strålene etter objektet kan intensitet i diffraksjonsmønster eller bilde registreres med STEM-detektoren.

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.



Figur 2. Tre former for kontrast ved avbildning: Lysfelt, ved den direkte stråle. Mørkefelt, fra en av de spredte (reflekterte) stråler. Gitterbildet som oppstår ved interferensen mellom flere reflekterte stråler fra nettplanene i en krystall.

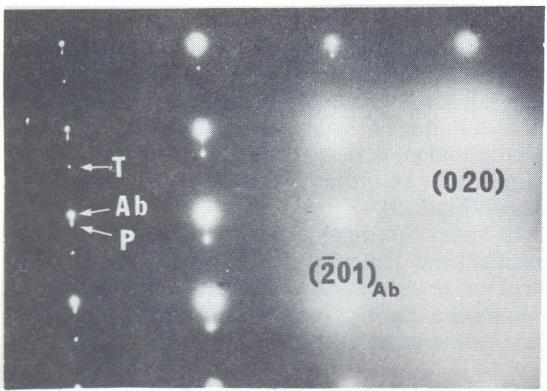
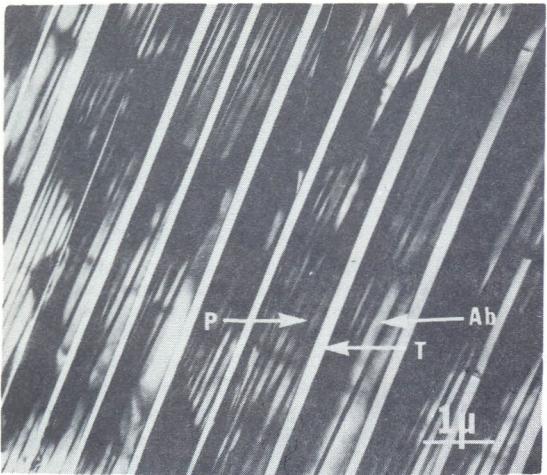
tronmikroskop er et JEM 200 CX, godt utrustet innenfor de tre hovedmetodene: Avbildning, diffraksjon og spektroskopi - inklusive scanningutstyr, se Figur 1. Oppløsningsevnen er bedre enn 0,3 nm (punkt). Mikrodiffraksjonsmuligheter ned til 10 nm skal forbedres ytterligere. Til mikroskopet er koplet et energidispersivt røntgenspektrometer for elementanalyse fra små områder. Spektrometrrets regnemaskin kan nytties til å styre elektronstrålen via avbøyningsspolene i scanningutstyret. Derved er det mulig å måle diffraksjonsvinkler direkte og foreta intensitetsmålinger uten å gå veien om fotografisk film.

Utsyret er bevilget av NTFN, NAVF og SI, som en felles installasjon for forskning i faststoff-fysikk, uorganisk kjemi, metallurgi, mv for institutter ved og utenfor Universitetet. Mange av dem er allerede samarbeidspartnere.

Slikt samarbeid har vært bygd opp siden vi fikk det første elektronmikroskopet til Fysisk institutt i 1968. Kontakt med andre miljøer og fag har vært



Figur 3. Kopperholdige utfellinger på en dislokasjon i silisium. Vekst av partiklene er knyttet til bevegelse av dislokasjonen (Solberg¹).



Figur 4 a og b). Lameller i en feldspatkristall. Diffraksjonsmønsteret viser sammenhengen mellom de tre krystallgitrene (Albit, tvilling, peristeritt) (Olsen²).

en forutsetning for faglig bredde, når den faste bemanning var én lærer og én ingenør (fra neste år er vi to fast ansatte lærere). Dette er den ene siden av en tredelt strategi. Den andre består i vekt på krystallografi og diffraksjon - som en viktig bakgrunn for uorganisk elektronmikroskopি på mange felt og for samarbeid med andre fag. Den tredje siden er teoretisk arbeid som grunnlag for undervisning, for tydning og for utvikling av nye metoder.

Små partikler har stor betydning.

Med mikrostruktur forstår vi avvik fra en midlere eller ideal krystallstruktur - og sammenspillet mellom avvikene (grenseflater, dislokasjoner, atomære feil osv) og den perfekte struktur. Dette er et hovedfelt for uorganisk elektronmikroskopи.

Mikrostrukturen endres ved omvandlinger, f.eks. når faste løsninger avblandas ved utfelling av små partikler i en legering. Undersøkelser av partikkelsystem i aluminiumlegeringer har vært et viktig felt både i Oslo-miljøene ved SI og Fysisk institutt og i Trondheim ved NTH/SINTEF. Kjente eksempler er arbeidene over Al-Mg-Zn-Zr- «den lege-

ring som ger styrka och glans åt støtfangare på svenska, tyska och italienska bilar» - som det sto i et svensk industritidsskrift. Kombinasjon av lysfelt/mørkfeltmikroskopи (Figur 2) og diffraksjon ble brukt til å kartlegge de utfellingene som er opphav til økt styrke og hindrer rekrystallisjon og kornvekst, samt betingelsene for dannelsen av dem.

Dannelsesmekanisme for utfellingene ble studert i detalj av Solberg¹ i et annet system: En tynn løsning på bare noen ppm av kopper i silisium. For at de interstitielt løste kopperatomene skal få plass i utfellingenes krystallgitter må noen silisiumatom henvises til tomme plasser i silisiumgitteret - partiklene vekst er avhengig av tilførsel av slike tomme plasser eller vakanser. Bildet, Figur 3, illustrerer sammenspillet mellom partikler som vokser og en dislokasjon som tjener som kilde for vakanser når den beveger seg ved såkalt «klatring».

Utfellingsreaksjoner spiller en stor rolle også ved omvandleringer i bergarter. Elektronmikroskopи av bergartsminaler ble tatt opp her i landet av Arne Olsen som bl.a. studerte sammenvoksninger i fels-spatter. Figur 4 viser lameller i en natriumrik fels-spatt, som var kjent for fargeoppstilling ved lysrefleksjon fra overflata; lamellene virker da som et refleksjonsgitter for lyset. I elektronmikroskopet ses tre sett lameller. De er dannet dels ved utfelling av mer kalsiumrike lameller, dels ved overgang fra et monoklint til et triklin gitter under avkjøling av bergarten - da oppstår tvillinger. Undersøkelser av slike strukturforhold kan fortelle om temperatur og trykk da formasjonen ble dannet.

Elektronmikroskopи brukes også til å analysere/identifisere uorganiske partikler i støv fra atmosfære, fremmedpartikler i biologisk materiale osv. Røntgenspektroskopи i mikroskopet er her en særlig rask og praktisk metode, men når sammensetningen varierer lite eller elementene er lette er også diffraksjon viktig ved analyse, f.eks. av asbestpartikler.

Struktur av små krystaller

I slike undersøkelser støter vi ofte på små krystaller med ukjent eller mangelfullt kjent krystallstruktur. Slike partikler kan være vanskelig å isolere eller framstille for strukturbestemmelse med enkrystall røntgendiffraksjon. Da må en til med elektron diffraksjon (eventuelt høy-oppløsning elektronmikroskopи), som kan gi mønstre fra mye mindre krystaller - men der en også møter nye problem som en vanligvis ikke har i røntgendiffraksjon.

Der kan en som regel nøye seg med en enkel teori, basert på en gangs spredning. Da er intensiteten i en Braggrefleks, I_h , fra et sett atomplan gitt ved kvadratet av strukturfaktoren, F_h , for planene og en faktor S som avhenger av krystallens form og størrelse og varierer med avvik fra refleksjonsbetingelsen men er den samme for alle refleksene:

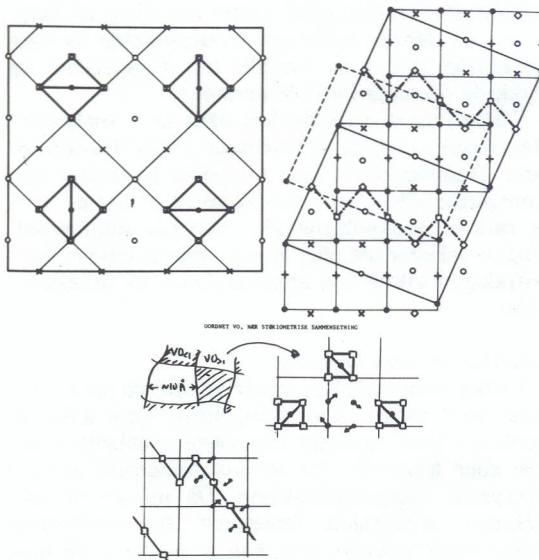
$$\text{kinematisk}$$

$$I_h = |S(\underline{s}-\underline{h})|^2 |F_h|^2$$

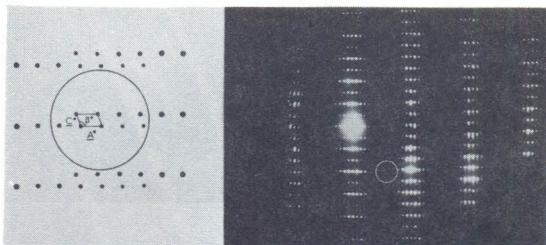
I røntgendiffraksjon kan eksperimentet derfor innrettes slik at «shape factor», S, integreres bort og målingene gir absoluttverdien av strukturfaktorene. Fra disse kan strukturen så syntetiseres matematisk.

I elektronendiffraksjon fører den sterke vekselvirkningen til flere ganger spredning, selv i ganske tynne krystaller. Da finnes ikke en slik enkel sammenheng. Intensiteten blir en komplisert funksjon av flere strukturfaktorer, nøyaktig innfallsretning, krystallens form, størrelse og andre feil. En får uttrykk som ikke lar seg integrere på tilsvarende vis. Intensiteten til flekkene i diffraksjonsmønstret er da langt vanskeligere og mer usikker å tyde.

Men geometrien til diffraksjonsmønstret kan gi verdiful informasjon om krystallens enhetscelle - og med innsikt og forsiktighet kan også intensitetsfordelingen brukes, gjerne sammen med annen informasjon. En rekke strukturer av monoksyder av innskuddsmetallene jern, vanadium, mangan er undersøkt hos oss på denne måten. Som en første tilnærming har disse oksydene en koksalttype struktur. Men de er ikke-støkiometriske, dvs. de viser store variasjoner i sammensetning ved at både metall- og oksygengitret har mange ubesatte plas-



Figur 5 Projeksjon av den oksygenrike overstrukturen $V_{52}O_{64}$ - tynne linjer viser grunnstrukturen VO av NaCl-type. Tetraedriske clustre av metallvakanser omkring et interstittelt metallatom fremhevet. b) Den oksygenfattige strukturen $V_{14}O_8$. Tynne linjer viser NaCl-type strukturen. Åpne firkanter er oksygenvakanser. Fylte og åpne sirkler er metallatom i forskjellig hoyde. Krysene er oksygen. c) Skisse av mikrostrukturen nær støkio-metrisk sammensetning, med typiske defekter i de to typer domener. (Andersson og Gjønnes³).



Figur 6. Diffraksjonsmønster fra en antigoritt. Merk hvordan anordningen av diffraksjonsflekker inne i sirkelen (se utsnittet) definerer ei lita resiprok celle - som svarer til ei stor celle i det reelle rom (etter A. Olsen).

ser, opp til 20% i noen tilfelle. Det finnes også feilplasserte atom, interstitielle. Disse gitterfeilene kan ordnes lokalt i små ansamlinger, «clustre». Ved lave temperaturer kan de også ordnes over lengre avstander og danne overstrukturer, med store enhetsceller. Således danner vakanser og interstitielle metallatom i VO tetraedre som kan ordnes i en større struktur med innholdet $V_{52}O_{64}$ i enhetscella. I det oksygenfattige området samles oksygenvakanser i lag som derved kan beskrives som tynne sjikt av metall inne i oksydet. Ved tilstrekkelig lavt oksygeninnhold gir dette en ordnet struktur som kan beskrives som en ordnet blanding av metall og monoksyd (Figur 5).

Et annet eksempel på at intensiteten til diffraksjonsflekkene kan nytes til å bestemme krystallstruktur er vist i Figur 6. Struktur til en variant av mineralet antigoritt, med ca 2500 atom i enhetscella ble undersøkt av Olsen⁴.

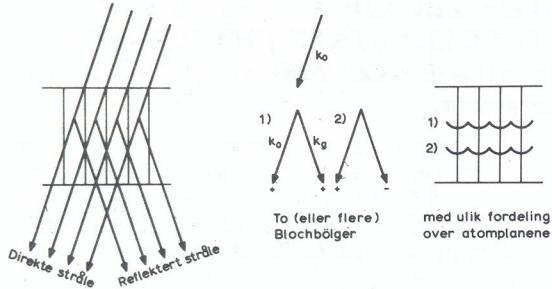
Nye metoder - og teoretisk grunnlag.

Men for å få mer nøyaktig strukturinformasjon ved elektronendiffraksjon utvikler vi nye metoder, basert på måling av den spredte intensitet som funksjon av nøyaktig retning på den innfallende strålen. Eksperimentelt gjøres dette ved en kjegle av stråler. Denne kan være dannet inne i krystallen ved den diffuse bakgrunnstrålingen eller man fokuserer en konvergent strålebunt mot krystallen ved hjelp av ei sterk linse over objektet (kfr Figur 1c).

I det første tilfellet vil de ulike atomplan gi opphav til de såkalte Kikuchilinjene, som bl.a. kan nytes til å bestemme gitterkonstant, som vist av bl.a.



Figur 7. Oppsplitting av Kikuchilinjer i silisium. Effekten er utnyttet til å bestemme strukturfaktor (Terasaki et al.⁵).



Figur 8. Blochbølger dannes ved kombinasjon av plane bøller som oppstår ved Braggrefleksjon. Blochbølgene har ulik fordeling over den projiserte enhetscella.

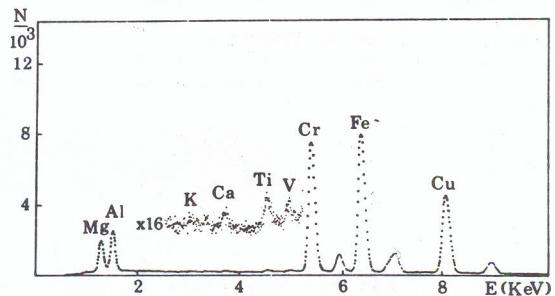
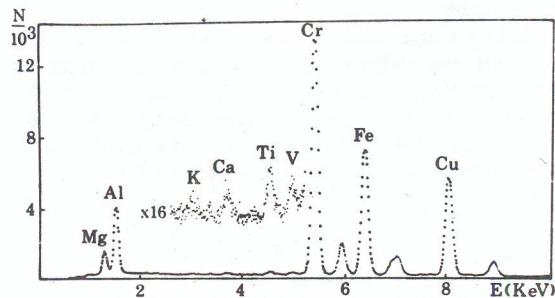
Høier⁵. Der slike linjer møtes svarer det til at elektronstrålen reflekteres samtidig fra to sett atomplan. De interferenseffekter som derved oppstår kan vi nytte til å bestemme størrelse og fase på strukturfaktorene med stor nøyaktighet, se Figur 7.

I konvergentstrålemetoden kan vi utnytte de samme effektene. Dessuten kan krystallens indre symmetri bestemmes med stor følsomhet - også fra svært små områder. Derved kan lokale strukturvariasjoner undersøkes.

Grunnlaget for utvikling av slike metoder er spredningsteori. Vi kan bygge på forskjellige matematiske beskrivelser - en av dem er løsning av bølgelikninger ved egenfunksjoner - de såkalte Blochbølger som også nytes i bandteori for metaller og halvledere. Når mange reflekterte stråler opptrer samtidig kan dette bli et tungvint verktøy. Mange foretrekker da metoder basert på trinnvis integrasjon. De såkalte «mange-skive» eller «multi-slice» metodene brukes særlig i høyoppløsningselektronmikroskopi. helt andre måter å beskrive forplantning av elektroner i krystaller på ble utviklet på grunnlag av eksperiment der partikler fra en akselerator (typiske energier 10MeV eller mer) ble sendt mot en krystall. I disse klassiske eller halvklassiske teoriene var det vanlig å se bort fra diffraksjon fra krystallgitret. Men ved å utvikle teorien for elektrondiffraksjon kan vi vise at Blochbølger er et nytig begrep også her, kfr. 5.

Fra teori til analysemetode: Posisjonsspesifik spektroskopি

Studiene av slike diffraksjonseffekter ga impulser til å utnytte interferens inne i krystallen i forbindelse med spektroskopи. Ved å velge bestemte innfallsretninger kan en fremheve visse Blochbølger inne i krystallen (Figur 8). Derved blir elektronstrålen samlet på visse steder inne i krystallen sin enhetsceller. Emisjon av karakteristisk røntgenstråling fra atomer som befinner seg i disse delene av cella blir da forsterket. Ved å sammenligne spektre tatt opp med forskjellige retninger på den innfallende strålen kan en derved bestemme atomposisjoner. Særlig viktig er dette der en har ulike atomslag i en fast løsning i en struktur med forskjellige posisjoner.



Figur 9. To spektre fra samme område av en spinell med midlere sammensetning $\text{Cr}_{0,37}\text{Fe}_{0,23}\text{Al}_{0,23}\text{Mg}_{0,17}\text{O}_4$ samt små menger Ti og V. Spektrene viser at Cr og Al foretrekker den oktaedriske, Mg den tetrahedriske posisjon, mens Fe fordeler seg på begge (etter Taftø⁹).

Dette er aktuelt bl.a. i geokemi.

Denne metoden ble analysert teoretisk omkring 1970⁷ og vist eksperimentelt av Taftø⁸ med det utstyr som da var tilgjengelig i Oslo. Seinere eksperiment i Berlin og Arizona førte fram til en praktisk metode med betydelig interesse innenfor geologi, se Figur 9. Metoden kan også utnyttes i energitapsperktroskopи av de spredte elektronene. Der er energioppløsningen høyere. En kan se kjemiske skift og derved studere fordeling av atomer med ulike valens, f.eks. $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ i stukturten.

Dataalderens mikroskop?

Typisk for de effekter som vi utnytter til å oppnå nøyaktig eller spesiell strukturinformasjon er at de velger ut en liten del av en stor total informasjonsmengde som spredningsexperimentet inneholder. Et aktuelt spørsmål er hvordan vi mer systematisk kan utnytte mer av denne informasjonsmengden. Nye metoder i bildeanalyse og muligheter for styring av eksperimentet peker mot en rask utvikling på dette området.

Vi ser to nye system bli tatt i bruk: Videooppakt av bildet, f.eks. gjennom en transparent fluorescensskjerm i mikroskopet, og overføring gjennom raske bildelagre til en regnemaskin som analyserer hele eller deler av bildet on-line eller off-line.

En annen metode er basert på utvikling av digitaliserte scanningsystem, der intensitetsmålinger utføres etter et program som henter den spredningsinformasjon som kan gi den strukturinformasjon vi

er ute etter.

Langs begge disse linjene venter vi en utvikling som vil øke elektronmikroskopiens muligheter og yteevne. Vi kan regne med å få spesialsystem innrettet mot visse typer strukturmålinger. Men en hovedlinje vil likevel fortsatt være at vi stadig har et elektronmikroskop - et instrument til å se strukturer med.

Referanser:

1. J. K. Solberg, Dr. philos. avh. Oslo (1975)
2. A. Olsen: Contrib. Mineral. Petrol. 47 (1974) 141.
3. B. Andersson, J. Gjønnes & R. Forouhi: J. less-common Metals 61 (1978) 273.
4. R. Høier: Acta Cryst. A25 (1969) 516.
5. J. Gjønnes & J. Taftø: Phys. Lett. 54A (1975) 55.
6. O. Terasaki, D. Watanabe & J. Gjønnes: Acta Cryst. A35 (1979) 895.
7. J. Gjønnes & R. Høyer: Acta Cryst. A27 (1971) 166.
8. J. Taftø: Z. Naturforsch. 34a (1979) 452.
9. J. Taftø: J. Appl. Cryst. 15 (1982) 378.

TRONDHEIM WORKSHOP I TEORETISK FYSIKK, 1984.

I dagene 17.-21. september i år ble det for annet år på rad arrangert workshop i teoretisk fysikk ved Universitetet i Trondheim.

Bevilgningen ble gitt av Interimsstyret for Universitetet i Trondheim. Det Fysiske Seminar i Trondheim, Fysisk institutt UNIT-AVH, Institutt for teoretisk fysikk, UNIT-NTH stod som arrangører i samarbeid med Norsk Fysisk Selskaps gruppe for generell teoretisk fysikk. Ansvarlige for arrangementet var som i fjor Per Chr. Hemmer, Kjell Mork og Haakon Olsen. Norsk Fysisk Selskap ga støtte til reise og opphold for studenter fra andre universiteter.

Siktemålet var som siste år å gi informasjoner til fysikkstudenter og andre fysikere om utviklingen i partikkelfysikk, i år også med vekt på eksperimentelle resultater.

Programmet var:

Lars Bugge, Universitetet i Oslo: Kvarkonia, feno- menologi, eksperimentelle resultater. Nyere resultater i energiområdet 1-2.5 GeV. (4 timer).

Egil Lillestøl, CERN: $e^+ - e^-$ og $p - p^-$ fysikk (6 timer).

Kåre Olaussen, UNIT: Kvantekromodynamikk, teori (10 timer)

Bjørn Wiik, DESY: Gluonfysikk (1 time). Hera-akseleratoren og fysikken (2 timer).

Forelesningene fant sted ved UNIT-AVH, Ros- senborg.

I alt 26 fysikere tok del i årets workshop, av disse var 11 hovedfagsstudenter/doktorgradsstudenter. Arrangørene kan igjen konstatere betydelig interesse for teoretisk fysikk og ser fram til en ny works- hop i 1985.

Haakon Olsen

«THE TRONDHEIM SEMINAR ON SOLID STATE PHYSICS 1985» Overflatefysikk; Fraktal fysikk; Faseovergangar.

Arrangørane har med dette den glede å innby alle interesserte fysikarar, studentar, forskarar innan anvendt fysikk, materialvitenskap osv. i Norge til seminar i Oppdal den 11., 12. og 13. mars 1985. Vi håpar at dette skal bli det første i ein serie av liknande seminar.

Møteprogrammet er lagt opp med berre inviterte forelesarar, 10 utanlandske og 5 norske, med tanke på å gi norske forskningsmiljø eit oversyn over nylige utvikling innan 3 utvalde områder av faststoff og kondenserte fasers fysikk. Det blir altså primært eit møte for norske deltakarar, med hovudvekt på internasjonalt kjende forelesarar. Vi nemner til dømes at heile 6 av forelesarane kjem direkte frå USA til møtet.

Som dei 3 hovudtema har vi valt: Overflatefysikk; Fraktal fysikk, Faseovergangar. Arrangørane vil spesielt streke under at vi ynskjer deltaking frå industriaboratoria, studentar, anvende forskningsmiljø og frå forskningsadministrasjon i tillegg til grunnforskningsmiljøa. Alle er like velkomne, utan omsyn til fagfelt.

Møteprogrammet blir lagt opp med pause midt på dagen slik at skiløypene i Oppdal kan prøvast.

Kost og opphold pr. deltakar kr. 1155,- og for følge kr. 700,- pr. stk. for 3 dagar. Registreringsavgift kr. 100,-. Togprisar: 50 %.

Spørsmål om tilsending av program og om påmelding rettar ein til Tove Stavø, Institutt for teknisk fysikk, NTH. Tlf.: 07-59 36 32.

Vi står Oppdals motto: Oppdal så klart!

Kristian Fossheim

Birger Stølan

PROGRAM

Monday, March 11.

- 09.00-10.30 John Wilkins, Cornell
11.00-11.50 Hans Lüth, Aachen
16.00-17.30 Paul Horn, IBM
17.50-18.25 Nils Baas, NTH
18.30-19.15 Yuval Gefen, Santa Barbara

Tuesday, March 12.

- 09.00-09.45 Yuval Gefen, Santa Barbara
09.45-10.35 Jens Nørskov, Nordita
11.00-11.50 Finn Ravndal, Oslo
16.00-17.30 Fenton Mc Feely, IBM
18.00-18.30 Kristian Fossheim, NTH
18.30-19.00 Arne Skjeltorp, IFE

Wednesday, March 13.

- 09.00-10.30 Gottfried Döhler, Max Planck
10.45-11.15 Torstein Jøssang, Oslo
11.15-12.05 Øystein Fischer, Genève
15.00-15.50 C.E.C. Wood, GEC Research
15.50-16.20 John Hertz, Nordita
Departure, 17.13.

NORSK FYSIKKRÅDS PUBLIKASJONER:

- FYSIKKENS ROLLE I DAGENS SAMFUNN
56 sider, kr. 36,-
- SKOLEUNDERSØKELSE I FYSIKK
118 sider, kr. 68,-
- TEKNOLOGISK ORIENTERTE STUDIER I FYSIKK
32 sider, kr. 20,-



UNIVERSITETET I TRONDHEIM. Ordretelefon: (07) 982522

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim - NTH.

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dosent E. Osnes, Fysisk Institutt, Universitet i Oslo.

Styre: Dosent R. S. Sigmond, NTH, Trondheim.

Amanuensis Noralv Bjørnå, Universitet i Tromsø.

Førstelektor T. Engeland, Universitet i Oslo, Blindern.

Førstelektor K. Myklebost, Universitetet i Bergen.

Selskapets sekretær:

Gerd Jarrett, Fysikkavdelingen,
Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller.

Postgirokonto: 5 88 38 89.

Bankgirokonto: 5102.09.58344.

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Høgskolelektor Knut Jostein Knutsen
Granlivn. 24, Ugle, 7000 Trondheim
Førsteamanuensis Hans Kolbenstvedt

Fysisk Institutt, AVH
Universitetet i Trondheim, 7055 Dragvoll

Redaksjonssekretær:

Lab.ing. Halvard Torgersen, Universitetet i Trondheim, Norges
Tekniske Høgskole, 7034 Trondheim-NTH.

Redaksjonskomite:

Førsteamanuensis Ove Bratteng, Nordlysobservatoriet, 9000
Tromsø.

Førsteamanuensis Alf Halsteinslid, Fysisk institutt, Universitetet
i Bergen, 5014 Bergen.

Førsteamanuensis Kjell Mork, Fysisk institutt, NLHT, Universitetet
i Trondheim, 7055 Dragvoll.

Informasjonskonsulent Tore Grønningsæter, NAVF/RNF,
Munthesgt. 29, Oslo 2.

Forskningsstipendiat Svein Sjøberg, Skolelaboratoriet, Fysisk
institutt, Universitetet i Oslo, Oslo 3.

Forsker Olav Steinsvoll, Institutt for energiteknikk, Boks 40,
2007 Kjeller

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement
kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen.
Årsabonnement kr. 60,00. Årsabonnement for studenter og sko-
lelevere kr. 30,-.

Sekretær:
Gudrun Graesmann.

Ekspedisjonens adresse:

Fra Fysikkens Verden
Fysisk Institutt, Universitet i Trondheim, AVH
7055 Dragvoll

Postgirokonto: 5 10 47 24

Bankgirokonto: 8601.36.12279

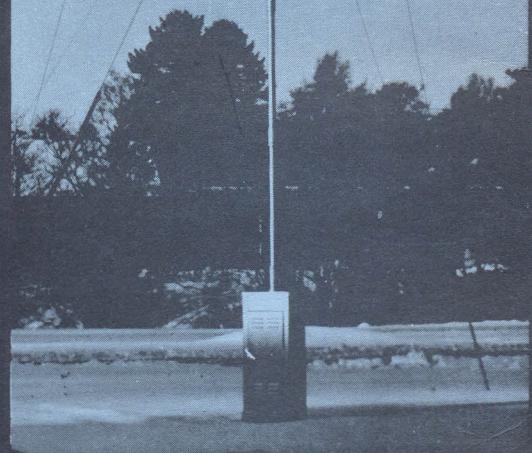
Tlf. (07) 92 04 11, linje 134

AUTOMATISK MÅLING AV MILJÖDATA

Denne solcelledrevne stasjonen kan måle
alle vanlige data som : vind, temperatur,
lufttrykk, fuktighet, nedbør og stråling.
Temperatur i bakke eller i vann og vannnivå
kan også måles.

De målte verdier kan registreres i stasjonen
eller overføres via VHF radio eller kabel til
ønsket registreringssted hvor data kan lagres,
vises på skjerm eller på printer.

Stasjonen leveres komplett med opp til 10
meter høy mast og alt nødvendig utstyr.



**AANDERA
INSTRUMENTS**

DATA LOGGING INSTRUMENTS FOR LAND & SEA ANALYSIS

FANAVIEN 11
P.O. BOX 160
5010 BERGEN, NORWAY
TEL: +47 55 22 40 39
TELEX: 40040