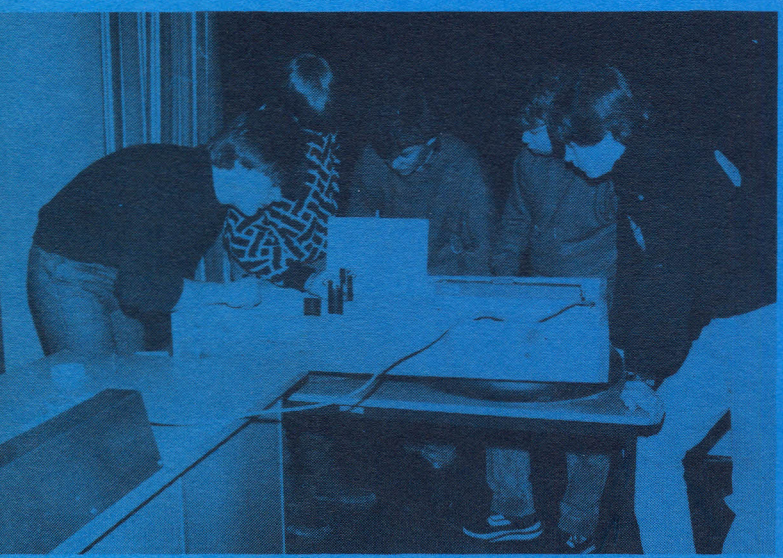
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP



INNHOLD:

Naturvitenskap og polarforskning	25
Holografi i Klasserommet	27
Men kvantemekanikken holder!	30
Miljøfysikk ved UNIT/AVH	31
Et tu, Neutone	34
Fra statistisk mekanikk til «strange attractors»	38
Skolerettet hovedfag	41
Energi og samfunn	43
Grensesjikt (Boundary Layer) og flyvning	46
Bøker	47

Holografi i skolen (side 27).

Nr. 2 - 1986
Årgang 48
ISSN-0015-9247

Institutt for energiteknikk

KURSSENTERET

KURS I DATABEHANDLING HØSTEN 1986

01.09-05.09	Innføring i EDB - II
08.09-03.10	COBOL
06.10-17.10	FORTRAN
20.10-31.10	PASCAL

Det vises også til Forbruker- og administrasjonsdepartementets kurskatalog for 1986.

KURSAVGIFTEN ER kr. 2.500,- pr. uke for deltagere fra offentlige institusjoner
kr. 3.750,- 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. 2 - 1986

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

48. årgang
ISSN-0015-9247

NATURVITENSKAP PÅ NORDISKE FRIMERKER

NATURVITENSKAP OG POLARFORSKNING

Anders Johnsson *

Nordiske, spesielt norske, frimerker viser ofte motiver med tilknytning til virksomhet i de polare strøk. Et eksempel er frimerket til postverkets 300-årsjubileum i 1947 med Nansen, Amundsen og polarskuten «Fram». Jeg tror - men leseren må gjerne korrigere meg - at dette frimerke er det eneste i Norden som har ordet forskning på selve bildet (nede til høyre). Kanskje er det da, fra norsk synsvinkel, karakteristisk at ordet er «Polarforskning».

Polarforskningen har i seg komponenter av oppdagelseslyst, av politisk maktspill, av helteroller, av naturvitenskap. Den moderne polarforskningens historie er spennende. Prof. Tore Frängsmyr har nylig skrivet interessant om vitenskapens rolle i den tidligere nordiske polarforskningen. Og vi kan spørre oss: hvilken rolle har egentlig naturvitenskapen spilt for den nordiske polarforskningen?

I Norden begynte moderne polarforskning forholdsvis seint. Først ute på banen i de nordlige polarområdene var egentlig England. Dels hadde England etter Napoleonskrigene en stor flåte uten vesentlige oppgaver. Dels var Rysslands framstøt der oppe maktpolitisk foruroligende. England satset allerede 1818 på ekspedisjoner som skulle undersøke sjøveiene mellom Grønland og Spitsbergen respektive mellom Grønland og Kanada; ledere var John Franklin og John Ross. Parry ledet i 1819-20 neste ekspedisjon. Parlamentet oppstilte i 1821 en større belønning for den som kunne nå Nordpolen - lyktes man ville man dels finne sjøveien mellom Atlanteren og Stillehavet, dels finne ut om det fantes et isfritt senter rundt polpunktet.

*) Fysisk Institutt UNIT/AVH.

Den meget fascinerende personen Sir John Franklin fikk kommando over en stor ekspedisjon i 1845: man skulle gjennomføre Nordvestpassasjen. Ekspedisjonen gikk under, man søkte uten resultater i flere år etter deltakerne. 1854 stanset etterforskningene (over 40 ekspedisjoner hadde da blitt sendt ut - sjelden har polare strøk vært gjenstand for så mye aktivitet!). Samme år begynte man å få dokumentert at ekspedisjonen hadde gått under etter store problemer, kannibalisme ikke unntatt. Tragedien ble etterhvert godt dokumentert etter funn på King William land. Ekspedisjonens skjebne kom som et sjokk for England og resten av verden og Franklin-ekspedisjonen avsluttet den vi kanskje kan vi kalle «naive» epoke i polarhistorien.

Amerikanske og engelske ekspedisjoner prøvde å nå Nordpolen i årene som kom, britene i et siste stort forsøk 1875-76. Man kom ikke fram. Først 1909 kom som bekjent amerikaneren Peary (muligens) til det geografiske punktet - hvorvitt egentlig dokumentasjon foreligger diskuterer man fortsatt.

Den skandinaviske polarforskningen var ikke en stormaktsstyrt forskning, det fantes ikke samme sjøfarerprestisje, heltetradisjonen var ikke like stor. For å diskutere vitenskapens rolle som pådriver ser Frängsmyr på tre interessegrupper: vitenskapsmenn, som planla og gjennomførte ekspedisjonene, stat/konge/regjering og øvrige organer, som ofte bidro til at ekspedisjonene kom i stand, og til slutt publikum/massemedia etc.

De ulike gruppene hadde forskjellige begrunnelser for polarekspedisjonene. Men Frängsmyr peker på at polarekspedisjonene i Norden i begynnelsen var reindyrket naturvitenskapelige ekspedisjoner.

Først senere kom forestillinger om nasjonale prestisje, heltedyrkelse etc. inn i bildet.

1837 hadde Louis Agassiz utviklet istids/glasialteorien, det vil si hypotesen at en enorm innlandsis hadde dekket deler av den nordlige halvkulen. Zoologen Lovén fra Sverige reiste i Norge og fikk anledning til å delta i en ekspedisjon til Spitsbergen i 1837 - han studerte der faunaen og breene. Hjemme fant han fossile skjell m.v. som hørte til arter som man kun fant i de arktiske områdene - altså en støtte for istidshypotesen.

Agassiz teori hadde sterke motsetandere, men Lovéns elev Torell ble en av de sterkeste støttespillerne for teorien. Allerede som 20-åring fant han et ledd i beviskjeden (også et fossilfunn). Klima-diskusjoner og den spennende istidshypotesen førte til at han begynte å studere breer og de spor som isen hadde etterlatt seg i Skandinavia. Sveits og Island ble gjenstand for forskningsreiser (til å begynne med selvfinansierte!). 1858 innledet han de svenske polarekspedisjonene med en ferd til Spitsbergen. Medarbeider var blant annet zoologen Quennerstedt og den unge Adolf Erik Nordenskiöld. 1859 disputerte Torell på en for istidsteorien viktig avhandling om Spitsbergens molluskfauna.

I 1861 ledet han den første offisielle nordiske polarekspedisjonen, også nå med Nordenskiöld som en av de nærmeste medarbeiderne. Hos Torell er motivene for ferden bestandig rent vitenskapelige, til tross for at han også demonstrerte stor sans for praktiske prosjekter i stor skala. I hans polarforskning var grunnforskningen drivkraften.

Nordenskiöld (født i 1832), som deretter ble den fremste polarforsker i Sverige, startet utfra de samme strengt vitenskapelige utganspunkter som Torell. Ekspedisjonen i 1864 til Spitsbergen hadde gradmåling som hovedmål. Andre vitenskapelig viktige ekspedisjoner kom i 1868, 1872-73 etc. Når Nordenskiöld gjennomførte den berømte Nordøstpasasjen i 1878-79 kom han hjem som en polarhelt.

Nansen (f. 1861) ble naturligvis inspirert av Nordenskiölds fremgang i polarområdene, men allerede før Grønlandsekspedisjonen i 1888 viser han til istidsteorien som grunnen for sin forskerinteresse. Nansens storslåtte idé var at isen selv skulle kunne frakte en skute over Polhavet og Nordpolen, fra Sibir mot Grønland (det ble, som kjent frimerkebildets skute «Fram» som gjorde ferden). I dokumentene skriver Nansen klart om den betydning som de rent vitenskapelige undersøkelsene hadde (og nevner også at de hadde like stor betydning enten ferden gikk akkurat over polpunktet eller ved siden av). Polhavsekspedisjonen ble en av de vitenskapelig viktigste i polarforskningens historie

Man kan altså sette inn både Torell, Nordenskiöld og Nansen i istidteoriens sammenheng. De var alle tre naturvitere/forskere. Staten begynte å bidra med midler og tenkte sikkert mindre på de vitenskapelige resultatene enn på nasjonal «ære» og økonomisk og kulturelt utbytte. Publikum hadde sikkert - da som nå - et enormt behov for helter og heltedyrking. Publikums syn på polarekspedisjoner kom av forskjellige tendenser i tiden - den generelle entusiasme over naturvitenskapens framskritt og utforskningen av det ukjente, darwinismens framskrittstro, de geografiske oppdagelsene/kartleggingene, fjellklatringens framvekst. Den store optimismen forlangte sine helter. I tillegg var bøkene til datidens science fiction forfattere, Flammarion, Jules Verne m.v., enormt populære, ble diskutert og betød noe for publikums syn på den framvoksende astronomi og naturvitenskap/teknikk. Forordene ble ofte skrevet av fremragende forskere og Nordenskiöld var bare en av dem.

Hvilken betydning helterollen etterhvert kom til å spille for de fremgangsrike naturviterne Nordenskiöld og Nansen er en fascinerende studieoppgave.

En relevant skikkelse i denne forbindelse er også ingeniøren og fysikeren S. A. Andrée (f. 1854), som var ansvarlig for viktige luftelektrisitetsmålinger på en svensk Svalbardekspedisjon 1882-83. Han interesserte seg for ballongtransporter, og etter prøver med styrbare luftballonger foreslo han et forsøk på å nå Nordpolspunktet per ballong. Han startet den tragiske Andreé-ekspedisjonen i 1897 med ballongen Ørnen. Ekspedisjonens medlemmer ble funnet først i 1930. Mange er nå av den oppfatning at naturviteren, forskeren Andrée ble så fanget av sitt eget forslag, sin hypotese, eller i sin myte at han ble nødt til å gjennomføre Ørnen-forsøket, til tross for att han sannsynligvis var klar over at det var et håpløst foretagende.

Man kan kanskje, med Frängsmyr, understreke at det i begynnelsen var polarforskernes vitenskapelige aktiviteter og oppdagelser som ble gjenstand for beundring. «Polarhelten» eksisterte i Skandinavia ikke før Nordenskiölds triumfreise etter Nordøstpassasjen. Siden ble vel helterollen vulgarisert - men influerte sikkert etterfølgende arbeid i polarstrøkene. Nordenskiöld og Nansen gjorde innsatser som seriøst arbeidende vitenskapsmenn, den tragiske Andrée også, men hos Amundsen (f. 1872), Scott (f. 1868) og mange andre er det vel riktig å si at helterollen, prestasjonskonkurransen, vokser på bekostning av forskerrollen.

I våre dagers forskningspolitikk taler man mye om at forskningen skal bli internasjonalisert. For naturvitenskapen har dette selvfølgelig vært lang tradisjon og polarforskningen er ikke noe unntak. De ekspedisjonene, som er blitt nevnt her, hadde ofte internasjonal deltakelse under sterke ekspedisjonsledere. I våre dager ser vi hvordan den viktige naturvitenskapelige utforskningen av de polare strøk blir gjennomført av vel organiserte, internasjonale, systematiske innsatser. Den individual-heroiske epoken er vel til ende.

Frimerket med de store polarfarerne Nansen og Amundsen minner oss om at naturvitenskapen spilte den viktigste pådrivende rollen i nordisk polarforskningshistorie, særlig i de første årtiende. Frimerket minner også om hvordan den individuelle polarhelterollen vokste fram men i moderne tid også har forsvunnet. Hvordan polarfrimerker fra de nordiske land speiler et ønske om en politisk-nasjonal markering og rolle, hvordan disse frimerker skal vise opp landets ansikt utad vil kanskje bli tatt opp ved en senere anledning.

HOLOGRAFI I KLASSEROMMET

*Karl Torstein Hetland *)*

Holografi i klasserommet

Ved Dalen vidaregåande skule har vi sidan 1982 gjennomført ein del større prosjekt i fysikk. Hovudtemaet har vore alternative energikjelder. Vi har mellom anna bygd ein større parabolsk solspegel, vanleg solfangar for varmtvassoppvarming, mini vasskraftverk med røyrgate, generator, turbin og kraftoverføringslinjer, dessutan ei varmepumpe bygd opp frå eit gamalt kjøleskap. Alle prosjekta er gjennomført i fysikkurset 2 FY, dvs. 2. kl. naturfagleg studieretning, med 4-6 elevar i kvar gruppe.

Eit anna prosjekt har vore å lage hologram. Å lage og forstå hologram kan synast å vera i vanskelegaste laget for elevar i 2FY. Denne artikkelen vil prøve å vise at dette ikkje er tilfelle. Prinsippa bak eit hologram kan forklarast kvalitativt ut frå det dei skal lære i 2FY. Ein byggjer på det elevane skal lære om diffraksjon og interferens.

Med det utstyret vi har, kan elevane sette opp eksperimentet, lage hologrammet og vise hologrammet i løpet av ein dobbelttime. Det let seg også gjennomføre i ein førelesningssal med tilhøyrarar i salen. Vi har gjort det!

Målet med denne artikkelen er å forklare enkelt kva eit hologram er og vise korleis vi med enkle (billige) middel kan gjennomføre eksperimentet i klasserommet.

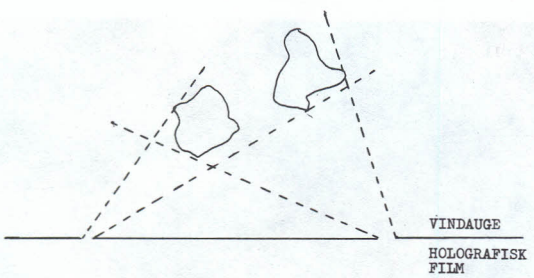


Fig. 1. Å observere eit hologram er som å sjå gjennom eit vindauge. Kvart punkt på vindauget vil gje oss informasjon om heile objektet. For at ein holografisk film skal produsere eit 3-dimensjonalt bilete, må altså alle punkt på filmen gje informasjon om heile objektet.

*) Dalen vidaregåande skule
3880 Dalen, tlf. (036) 77271.

Kva er eit hologram?

Holografien vart fyrst utvikla av Dennis Gabor i 1947 medan han prøvde å betre elektronmikroskopet. For arbeidet sitt mottok Gabor Nobelprisen i 1971. For å beskrive at det var eit 3-dimensjonalt bilete, sette han saman dei greske orda HOLO (heile) og GRAM (beskjeden) til HOLOGRAM. Men det vart ikkje før i 1960, då laseren kom, at holografien verkeleg vart prøvd i praksis (ref. 1).

Eit hologram er ein fotografisk film der ein har lagra eit interferensmønster som kan produsere eit 3-dimensjonalt bilete. Når ein ser på eit hologram, er det optisk det same som å sjå gjennom eit vindauge. Dersom ein flytter seg, vil ein sjå motivet frå ei anna retning. Ein vil kunne sjå bakom objektet som står langt framme i motivet (fig. 1). Gjennom kvart punkt i vindauget vil du få informasjon om heile motivet. At eit hologram er slik, kan ein lett demonstrere ved å klippe den holografiske filmen i to. I kvar del vil ein framleis sjå heile motivet, i motsetning til kva som ville skje med eit vanlige 2-dimensjonalt bilete.

Korleis kan alle punkt på ein holografisk film innehalde informasjon om heile motivet?

For å få ei kvalitativ forståing av dette kan ein fyrst sjå korleis vi kunne ha laga eit hologram av eit punktobjekt (fig. 2). Føresetnaden for å få lage eit interferensmønster på filmen er at vi har to stråler som har ein gangskilnad. Den strålen som vert reflektert frå punktobjektet, kaller vi *objektstrålen*, og strålen som går direkte frå ljoskjelda inn på filmen kaller vi *referansestrålen*. Eit punkt kan vi sjå på som ei ny bylgjekjelde (Huygens prinsipp) slik at vi får ei kulebylgje ut frå punktet. Denne bylgja vil treffe heile filmen og overlappe med referansebylgja, slik

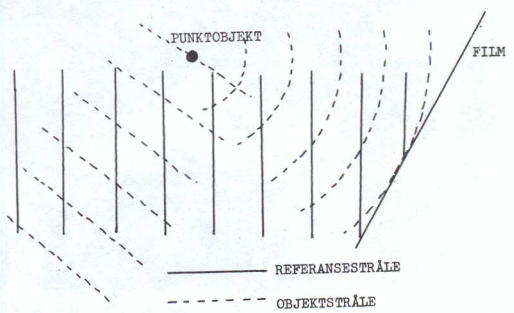


Fig. 2: Hologram av eit punktobjekt. Linjene viser bylgjefronten.

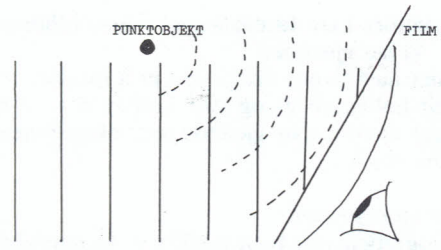


Fig. 3. Observasjon av hologrammet. Ved bare å bruke referansestråla vil det etter filmen sjå ut som om bylgja kjem frå punktobjektet.

at vi får eit interferensmønster på filmen. Der bylgjetoppen frå objektstråla møter bylgjetoppen frå referansestrålen får ein forsterking og mykje ljos på filmen. Der bylgjetopp møter bylgjebotn får vi utslokking og lite ljos på filmen. Ein vil få alle situasjonar mellom desse ytterpunkta. På denne måten får ein eit interferensmønster på filmen. Alle punkt på filmen vil nå innehalde informasjon om punktobjektet.

For å kunne sjå det holografiske biletet treng vi bare referansestrålen. Når referansestrålen treffer interferensmønsteret på filmen, vil vi få eit bylgjemønster som er som då vi laga hologrammet. Vi vil difor sjå punktobjektet på andre sida av filmen slik som det var då vi eksponerte filmen (fig. 3). Eit verkeleg objekt kan vi tenke oss som sett saman av uendeleg mange punktobjekt.

Kva for utstyr treng ein for å lage eit hologram?

For å lage hologram må vi ha fylgjande oppfylt:

1) koherent ljos
2) stabilt eksperimentbord
3) fotografisk film med høg oppløysingsevne

Koherent ljos får vi frå laseren. Laseren bør helst ha ein effekt på minst 1 mW. Dei fleste skulelaserane vil eg tru er gode nok. Dersom effekten er liten, vil ein måtte ha lang eksponeringstid og dermed auka krav til stabilitet på eksperimentbordet.

Eit stabilt eksperimentbord har vi laga sjølve ved

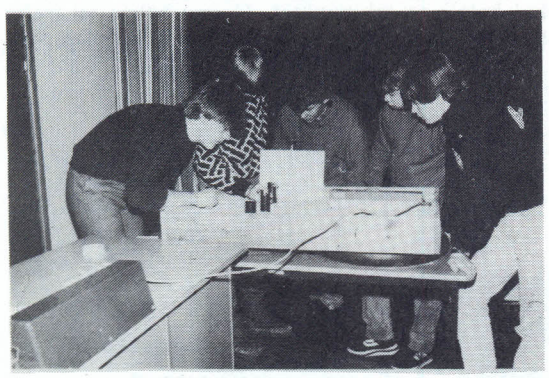


Fig. 4. Lasergruppa i arbeid ved eksperimentbordet. Sandkassa kviler på to bilringar. Kassa er laga av golvbord, og sanden er vanleg fin pussesand. Sandkassa kan plasserast på kateteret eller på eit vanleg bord.

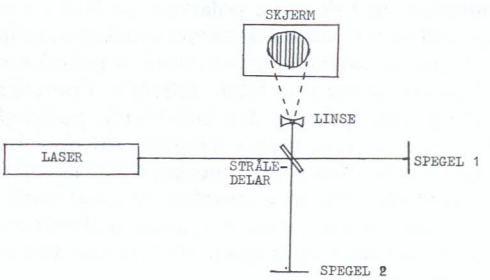


Fig. 5. Michelson interferometer.

å la ei sandkasse liggje på halvt oppblåste bilringar (fig. 4). Bilringane hindrar vibrasjonar i rommet frå å påverke eksperimentet. Vi treng heller ingen optisk benk. Innstilling av linser går veldig greitt i sanden!

Den fotografiske filmen, linser og diverse har vi kjøpt direkte frå USA (ref. 2). Ein kan kjøpe delane kvar for seg, men det fører nok til meir arbeid.

Korleis kan vi vera sikre på at eksperimentbordet er stabilt nok?

For at ein skal ha suksess med hologram må eksperimentbordet vera stabilt. Stabilt i denne samanhengen tyder at objektet, filmen eller strålene ikkje må endre posisjon i eksponeringstida. Dersom den relativet endringa er større enn $\lambda/4$, der λ er bylgjelengda til ljoset, vil interferensmønsteret viskast ut. Vi brukar ein He-Ne laser med $\lambda = 632{,}8$ nm.

For å undersøke stabiliteten bruker vi eit Michelson interferometer (fig. 5). Dette er også eit flott døme på at eit klassisk fysikkeksperiment kan utførast i klasserommet. Eksperimentet viser prinsippet for interferens direkte ved at vi lar to sjølvstendige stråler overlappe, noko som ikkje går så klart fram ved dei vanlege gitterforsøka.

Speglane ein bruker, må ha det reflekterande belegget på framsida, elles får ein refleksar frå glaset som øydelegg interferensmønsteret. Som stråledelar

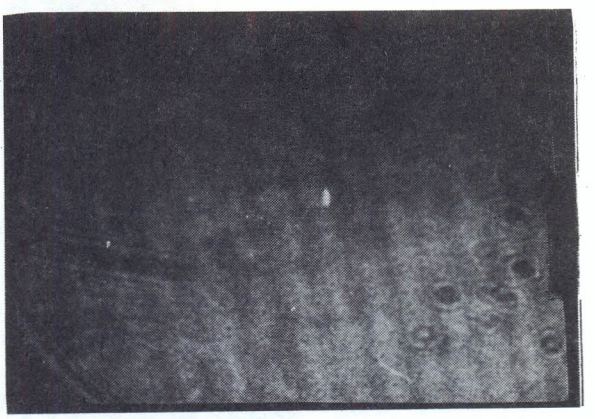


Fig. 6. Interferensmønsteret ein får i Michelsonforsøket. Dei loddrette linjene er sjølve interferensmønsteret.

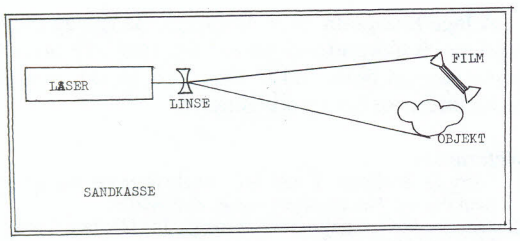


Fig. 7. Eksperimentelt oppsett for å lage eit einstråle transmisjonshologram.

(beam-splitter) kan ein bruke litt tjukt glas (1 cm). Her vil ein også få to refleksar, men ein stengjer av den eine strålen.

Framgangsmåte:

1. Ein plasserer laseren midt i kassa slik at stråla går parallelt med botnen. Spegel 1 justerast slik at stråla vert reflektert tilbake litt over utgangsholet i laseren.
2. Stråledelaren vert plassert slik at ein får ei stråle 90° på den forrige stråla.
3. Spegel 2 plasserer ein i lik avstand frå stråledelaren som spegel 1. Spegel 2 justerast slik at strålene frå spegel 1 og spegel 2 overlappar på ei kvit plate. Denne justeringa krev litt trening.
4. Til slutt setter ein inn ei linse for å forstørre interferensmønsteret på den kvite plata (fig. 6).

Dersom interferensmønsteret er i ro, er utgangspunktet godt. Ein skal sjå ljose og mørke vertikale striper. Vi bruker dette til å undersøke korleis eksperimentbordet oppfører seg under ulike ytre påverknader. Under opptaket av eit hologram bruker vi eit pappkort, som står i sanden, til å stenge strålen med. Når vi lyfter kortet opp av sanden, vil dette uroe eksperimentbordet. Med Michelson interferometeret kan vi sjå kor lang tid det tek før bordet er i ro att. Hos oss vert interferensmønsteret roleg etter 3-4 s. Under forsøka venter vi 15 s frå vi løfter kortet opp frå sanden til vi eksponerer filmen. Ein kan også observere om nokon går i gangen eller ei dør vert lukka i naborommet. Det er eit følsamt instrument!

Michelson interferometeret gjev god trening i å handsame optiske element og ei god forståing av interferens. Det burde kunne brukast uavhengig av om ein vil lage hologram.

Når ein har slått fast at eksperimentbordet er stabilt nok, er ein klar til å lage sitt fyrste hologram. Det enklaste hologrammet ein kan lage, er eit *einstråle transmisjonshologram.*

Einstråle transmisjonshologram

Det fyrste hologrammet ein bør starte med, er eit einstråle transmisjonshologram. Det eksperimentelle oppsettet er vist i fig. 7. Som det ligg i ordet, brukar ein berre ein stråle. Men ein må utvide strålen slik at noko av strålen treff objektet og vert reflektert inn på filmen (objektstrålen), og noko går direkte inn på filmen (referansestrålen). Dermed får vi likevel to stråler som kan interferere på filmen.

Framgangsmåte:

1. For å utvide strålen slik at den dekker både filmen og objektet, bruker vi ei 40X mikroskoplinse. Det er faktisk det einaste optiske elementet vi har bruk for. Ein må passe på slik at ein ikkje treff i kanten av linsa og får refleksar. Der den fotografiske filmen skal vera, set vi eit kvitt pappkort. På den måten ser vi at ein får ljos på heile filmen. Objekta vi vil fotografere set vi slik at refleksane treff filmen. Objekta bør ikkje stå meir enn 5-10 cm frå filmen. Som objekt har vi brukt kvite ting, til dømes Playmo-leiker eller kritt. Når ein har plassert motivet i rett posisjon i høve til filmen og strålen, stenger ein strålen med pappkort (sjå fig. 7).
2. På førehand har vi gjort klart framkallingsvæska og ei bleikeblanding. Den beste framkallaren er Kodak D-19. Bleikebadet er 15 mg kaliumbromid og 15 mg kaliumjerncyanid oppløyst i 500 ml vatn. Frå nå av treng ein mørkeromsljos. Ei grøn mørkeromslampe er best, men ei gul går også bra.
3. Ein klargjer nå den holografiske filmen. For å finne ut kva som er framsida av filmen, fukter ein ein finger og kjenner på filmen. Filmsida er litt klebrig. Denne sida skal vera vendt mot objektet. Det er viktig at filmen er i ro i eksponeringstida. For å få til dette legg ein filmen (50X70 mm) mellom to glasplater (110X80 mm) som vi klemmer saman med to fjærklemmer. For å få pressa lufta ut mellom platene legg ein dei mellom to treklosser, og pressar med full kroppstyngde. Glassplata med film bytter vi ut med pappkortet i sandkassa. Ein er nå klar til å eksponere filmen.
4. Før ein eksponerer filmen, må ein gjere det klart at alle må vera stille, helst halde pusten. Når det er gjort, lyfter ein pappkortet som stenger strålen fri av sanden, men slik at strålen framleis er stengt. Ein held kortet i lufta i omlag 15 s og så eksponerer ein filmen i 5-6 s før ein roleg stenger for strålen. Eksponeringstida vil variere med intensiteten på strålen.
5. Det einaste som nå står att, er framkalling av filmen. Rekkefylgja er her framkallar - skylling i vatn - bleiking - skylling i vatn - tørking. Ein held filmen i framkallaren til den har blitt heilt mørk, skyller i reint vatn eit par minutter og bleiker filmen til alt det mørke vert borte, men ikkje lenger. Ein skyller så på nytt før ein henger filmen til tørk.
6. Når filmen har tørka, set vi den mellom glasplatene og plasserer glasplatene der dei stod under eksponeringa. Dersom alt har gått bra, skal ein nå sjå objektet som ein tok bilete av.

Avslutning

Eg har i denne artikkelen skissera ein metode for

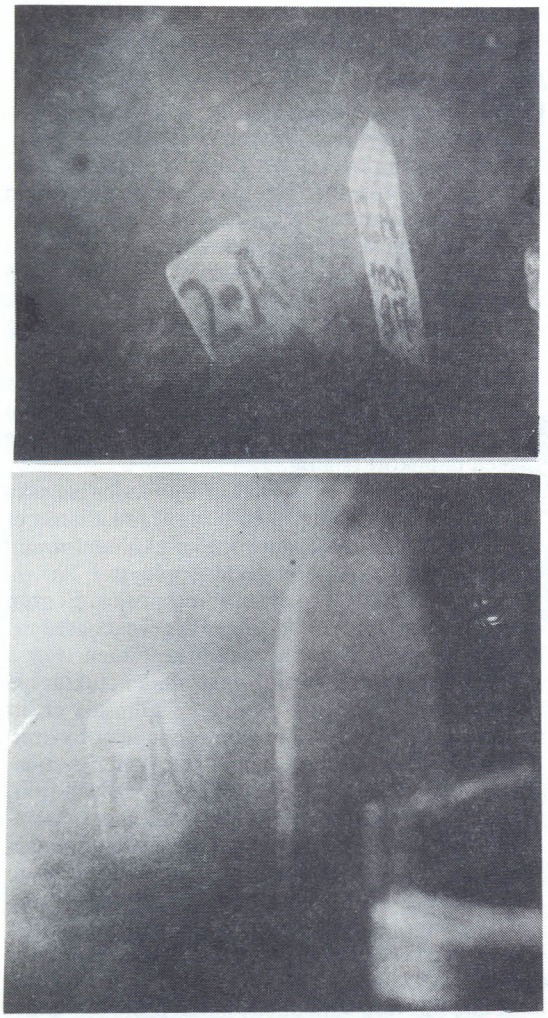


Fig. 8: Fotografi av eit av hologramma vi har gjort. Vi har tatt biletet med eit vanleg kamera frå to vinklar, slik at vi ser at biletet er 3-dimensjonalt.
Objektet er ein terning og eit kvitt kritt (24. mai 1984).

å lage hologram. Elevane klarer som regel å lage sjølvstendige hologram etter eit par forsøk. Vi har også prøvd å lage 360°-hologram, noko som ser ut til å lukkast bra.

Det ferdige settet vi har kjøpt fra USA, inneheld alt utstyret ein treng, og eit hefte som gjev grundig informasjon om teorien for holografi (ref. 2). Prisen er omlag 120$.

Praktisk bruk av holografiteknikken vert meir og meir aktuell. National Geographic March 1984 har ein flott oversiktsartikkel over bruk av laser og holografi. Der ser ein også korleis hologram som kan sjåast i kvitt ljos, vert laga. Noko ikkje mange er klar over, er at det nye personkortet til sparebankane innheld eit kvitt-ljos hologram av ei due.

Å lage hologram er eit inspirerande tillegg til den vanlege fysikkundervisninga. Eg trur alle som vil prøve seg på dette, vil få engasjert elevar, som får auka interesse for fysikk generelt.

Referanser:

1. Larry D. Kirkpatrick and Mac Rugheimer «A holographic road show», The Physics Teacher 1, 25 (1979).
2. Sandbox holography Set. Meterologic 143 Harding Ave Bellmawr NJ 08031 USA.
3. T. H. Jeong «One beam transmission hologram» The Physics Teacher 2, 130 (1980).

MEN KVANTE-MEKANIKKEN HOLDER!

Iver Brevik

En betydningsfull test av en av de fundamentale prediksjonene i kvantemekanikken er nylig blitt utført og viser seg å gi resultater i overensstemmelse med teorien. Se Phys. Rev. Lett. *54,* 1790 (1985), av W. Perrie, A. J. Duncan, H. J. Beyer og H. Kleinpoppen.

Til tross for at kvantemekanikken er uunnværlig når det gjelder beskrivelse av prosesser i moderne fysikk, har såvel filosofer som en del fysikere lenge vært skeptiske overfor noen av teoriens dypere konsekvenser. Teorien forlater nemlig kausalitetsbegrepet i klassisk analytisk forstand, og erstatter det med et svakere kausalitetsbegrep av stokastisk natur. Det var nettopp dette punkt i teorien Albert Einstein ikke kunne gå med på. Han formulerte sin mening i følgende berømte sats: «Jeg kan ikke tro at Gud spiller terninger med universet». Den eneste måte å komme unna problemet på, for Einstein såvel som for andre fysikere som forkastet det kvantemekaniske sannsynlighetsbegrep, var å postulere eksistensen av såkalte «skjulte variable» på et dypere nivå, forenlig med analytisk kausalitet på dette nivå men likevel i overensstemmelse med ortodoks kvanteteori med hensyn til beskrivelse av eksperimenter.

Einstein reagerte også på den egenskap ved kvanteteorien at den tilllater to partikler emittert i motsatte retninger fra en kilde å bevare «kjennskap» til hverandre, i den forstand at deres målbare egenskaper er korrelerte, selv om partiklene befinner seg langt fra hverandre. Det vil si at en måling av partikkel A øyeblikkelig influerer partikkel B, langt borte.

For tyve år siden foreslo den skotske fysikeren John Bell et mulig eksperiment til etterprøving av denne hypotesen. Eksperimentet består i å måle polarisasjonen av to fotoner emittert samtidig fra et eksitert atom, når fotonene går ut i motsatte retninger. Adskillige eksperimenter er blitt utført i denne retning - de støtter samtlige den kvantemekaniske hypotese i motsetning til hypotesen om de skjulte variable - men eksperimentene hittil har ikke

vært istand til å måle de opprinnelig utsendte fotoner fra atomet men istedet fotoner produsert ved absorbsjon og re-emisjon.

Det nye eksperimentet til Perrie og hans kolleger lider ikke av denne begrensning. Målingene ble utført på fotoner produsert direkte ved annen ordens spaltning av deuterium. Eksperimentet er dermed nær beslektet med det opprinnelige tankeeksperimentet som Einstein, Podolsky og Rosen foreslo. Og det nye eksperimentet er definitivt i overensstemmelse med standard kvanteteori.

MILJØFYSIKK VED UNIT/AVH

Oddbjørn Grandum *
Knut Mollestad *

Miljøfysikk er en egen studieretning ved Fysisk institutt UNIT/AVH. Miljøet består for tiden av rundt ti personer hvorav en er i fast vitenskapelig stilling, tre er vitenskapelige assistenter, en er ingeniør og resten er hovedfagsstudenter. I tillegg er en annen fast vitenskapelig stilling, tre er vitenskapelige assistenter, en er ingeniør og resten er hovedfagsstundeter og sivilarbeidere. I tillegg er en annen fast vitenskapelig ansatt engasjert i et bølgekraftprosjekt nevnt nedenfor.

Virksomheten er hovedsaklig eksperimentell og konsentrert omkring måling av typiske miljødata, spesielt vind og solstråling. Forholdsvis mye av arbeidet består i utvikling av ulike målesystemer. Hverdagens stikkord er elektronikk, datateknikk og målefysikk.

Vi vil i denne omgang fokusere på solstrålings- og vindmålinger, men vi er også involvert i andre større prosjekter. Av disse kan nevnes:

- teoretiske beregninger omkring hydrodynamikken i Norges første ordinære bølgekraftverk - «Svingende vannsøyle»-prosjektet i Øygarden kommune utenfor Bergen.
- eksperimentelle studier av varmeovergansmekanismer mellom overflate og luft i arktiske strøk (Svalbard).

SOLSTRÅLINGSMÅLINGER

Sola gir grunnlaget for alt liv her på jorda, men likevel er detaljert kartlegging av solstrålingen et forsømt kapittel, selv internasjonalt og særlig i arktiske strøk hvor informasjonsmangelen er prekær. Med detaljert informasjon menes her spektralinnhold og tidsstruktur for både direktestråling og diffusstråling som funksjon av himmelretning. Fig. 1 viser et typisk spekter for direktestrålingen med

*) Fysisk Institutt UNIT/AVH

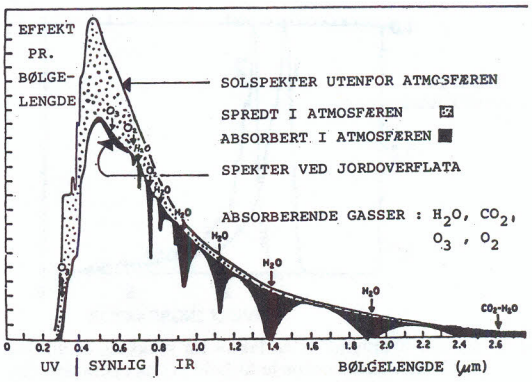


Fig. 1. Typisk spekter for direkte solstråling.

effekten av absorpsjon og spredning i atmosfæren inntegnet.

Absorpsjon

Ionosfæren og ozonlaget absorberer svært effektivt den mest energirike og skadelige UV-strålingen under ca. 0.3 μm. UV-stråling over 0.3 μm og synlig lys slipper rimelig lett gjennom atmosfæren. I IR-området vil mye stråling bli absorbert, først og fremst av vanndamp. Spektrale målinger av direktestrålingen vil her kunne gi informasjon om det varierende fuktighetsinnholdet i atmosfæren.

Spredning

Ved klar himmel vil luftmolekyler dominere spredningen av sollyset. I dette tilfellet er sprederen mye mindre enn lysbølgelengden og da får vi en spredning som fra en elektrisk dipol (Rayleigh-spredning). Spredningen får en noenlune jevn vinkelfordeling, men spredningstverrsnittet øker meget sterkt med minkende bølgelengde. Dette er som kjent årsaken til himmelens blåfarge og solnedgangens rødfarge.

Ved disig eller overskyet himmel vil spredningen være dominert av ulike typer aerosoler (skydråper, støvpartikler). En mer generell modell (Mie-modell) må til for å beskrive spredningen i dette tilfellet. I denne modellen antas sprederne å ha kuleform og spredningsmønsteret blir en komplisert funksjon av bølgelengde, sprederstørrelse og kompleks brytningsindeks (som inkluderer både absorbsjon og brytning). Multippel spredning vil komplisere bildet ytterligere når modellen skal anvendes på et stort ensemble av spredere. Spredningstverrsnittet viser karakteristiske variasjoner når bølgelengde og partikkelstørrelse varieres, men er ikke så markert bølgelengdeavhengig som for Rayleighspredingen. Til gjengjeld blir vinkelavhengigheten mer broket, med mange små og store intensitetsvariasjoner, men med tyngdepunktet i foroverretning.

Disse effektene kan utnyttes til å bestemme parametre i statistiske fordelinger for aerosolstørrelse.

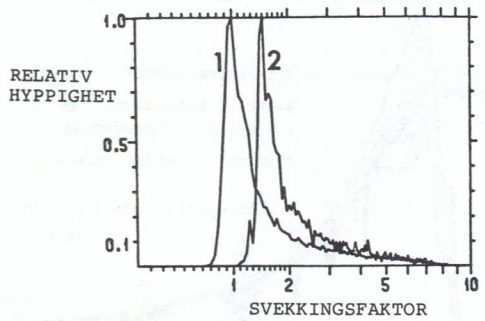


Fig. 2. Relativ hyppighet av en faktor for svekking av direktestrålingen under normale forhold (1) og i perioden nov. -82 - mai -83 (2).

Forutsetningen er naturligvis at en kjenner spektral- og vinkelfordeling av strålingen. Ett eksempel er en teknikk basert på måling av den intense strålingen vi kan observere i nærheten av sola når lufta er disig eller forurenset. Effekten skyldes foroverspredning fra aerosoler i disen og metoden blir antydet å kanskje være den beste for denne type fjernanalyse av aerosolstørrelse.

I tillegg til dette vil en måling av direktestrålingen kunne gi et godt mål på mengden av forurensinger som svekker (absorberer og/eller sprer) innstrålingen.

Måleprosjekter:

I et dr.scient.-arbeid (Ivar Brevik) avsluttet i 1984 ble direkte og diffus totalstråling (hele spekteret) målt gjennom flere år. Strålingsbildet ble parametrisert og tidsstrukturen gransket. En faktor som uttrykker svekkingen av direktestrålingen for perioden november -82 - mai -83 og resten av måleperioden er vist i Fig. 2. Den markerte svekkingen av solstrålingen vinteren 1982/83 ble tilbakeført til den mexikanske vulkanen El Chicons utbrudd våren -82. Dette illustererer hvordan lokale forurensinger kan bli spredt over hele kloden, men viser også nytteverdien av strålingsmålinger ved fjernanalyse av atmosfærens tilstand.

Et system som nå er under utvikling skal måle spektralinnholdet i direkte og diffus stråling som funksjon av himmelretning. Det vil måle i bølgelengdeområdet 0,4-2,5 μm med oppløsning på under 10 nm i det synlige området til oppunder 100 nm i IR-området. Følsomheten blir bra nok for dagslys og noe skumring. Formålet er generell kartlegging av strålingsbildet over litt lengre tid, først og framst her i Trondheim, men vi håper også å få gjort målinger på Svalbard. Målingene vil komme til nytte bl.a. ved planlegging av solenergisystemer og ved studier av biologiske prosesser. Eksempelvis drives en del forskning omkring biorytmer i arktiske strøk. Der mistenker en endringer i spektralinnhold over døgnet for å være av stor betydning. Da er det naturligvis kjedelig ikke å ha detaljert kjennskap til strålingsbildet. Strålingsdata kan også benyttes til fjernmåling av atmosfærens tilstand; vanndampinnhold, aerosolstørrelsesfordeling, innhold av forurensninger som gir redusert innstråling, m.m.

Kvantitativ beskrivelse av skydekket er en annen mulighet strålingsmålingene åpner for.

Også et annet spektralinstrument er under utvikling og ventes i drift i løpet av året. Dette var opprinnelig bestemt for måling av direktestrålingen, men kan i praksis også benyttes for diffusstråling.

VINDMÅLINGER

Innledning

I 1979 ble det igangsatt et norsk forskningsprogram for vindenergi finansiert av O.E.D. som bl.a. hadde til hensikt å kartlegge vindens energipotensiale i Norge. Som et ledd i dette programmet ble Fysisk institutt v/UNIT-AVH i samarbeid med Institutt for Energiteknikk (IFE), tillagt oppgave å samle inn vinddata fra en del utvalgte steder på kysten av midt-Norge. Siden har detaljerte vinddata blitt registrert ved tilsammen 7 målestasjoner på kysten av Sør-Trøndelag/Møre og Nordland. Stasjonene har vært plassert på Kinnvoll på Andøya, på Dyrnes på Smøla, på Fillheia og Ramfjell på Hitra, på Sula og på Valmoheia og Skipheia nær Titran på Frøya. I dag er det de tre siste stasjonene som er i drift. (Fig. 1).

Hittil har vi i det alt vesentlige registrert 10. min.-data på de forskjellige stasjonene, men et nytt og kraftigere loggesystem som settes i drift på hovedstasjonen på Frøya våren 1986 vil gjøre oss i stand til å ta raskere målinger. Mer om dette siden.

Vinden

Svært kort kan det sies at vinden skyldes transport av luft mellom områder med forskjellige lufttrykk. Trykkforskjellene oppstår som følge av en varierende oppvarming av jordoverflaten fra sola. Vindens kinetiske energi er altså dannet fra den innstrålte termiske energi fra sola. Det er selvsagt også en rekke andre fenomener som innvirker på dette bildet; bl.a. jordrotasjon og lokale parametre slik som topografi og overflateruhet. Dette vil vi imidlertid ikke komme nærmere inn på her.

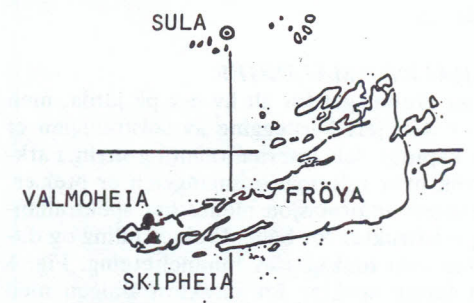


Fig. 1. Kart over området Frøya - Sula.

Hvorfor måle vind?

De mange parametre som innvirker på vindens «oppførsel» gjør at det ikke er tilstrekkelig med generell teoretisk viten om meteorologi og vær/vindsystemer for å forutsi vindens oppførsel på et bestemt sted. Det må også målinger til.

Som nevnt i innledningen ble måleprogrammet igangsatt for å kartlegge vindens energipotensiale i Norge. Dessuten var det et ønske å måle vinden på forskjellige steder i samme område for å kunne sammenligne med og teste ut forskjellige eksisterende vindfeltmodeller. Samtidige målinger i forskjellige regioner kunne si oss noe om korrelasjoner over større avstander. Omsatt i praksis vil det si at vi ønsker å finne ut om et eventuelt vindkraftverk på f.eks. Andøya vil produsere kraft samtidig som et på Frøya - eller om vi tvertimot kan vente at de vil utfylle hverandre. Dessuten er det av interesse å kjenne variasjonene av vinden over rotorplanet for en planlagt vindmølle, for å kunne beregne de dynamiske belastningene på de forskjellige delene av konstruksjonen.

Målingene på Valmoheia og Sula

Som nevnt har vi idag 3 målestasjoner i drift. To av dem (på Sula og Valmoheia på Frøya) har instrumentering levert av Aanderaa Instruments i Bergen. Vi har utstyrt dem med 4 stk. vindhastighetssensorer plassert i forskjellige høyder og 1 stk. retningssensor. Hver 10. min. måler vi så middel- og maks.-vindhastighet over siste 10. min.-intervall, samt momentanverdier av vindretning og temperatur. Dette gjøres av en datalogger som lagrer de målte data på magnetbånd. Stasjonen er batteridrevet. Med 10. min. loggeintervall vil batteri og magnetbånd ha kapasitet for ca. 35 døgns drift.

Vindhastighetssensorene er på Sula plassert 5, 11, 20 og 30 m over bakken i egen målemast. Sensoren på 11 m høyde er plassert i umiddelbar nærhet av og i samme høyde som Meteorologisk institutts (MI) vindmåler, slik at det er mulig å sammenligne direkte med data registrert av MI over en lengre periode. På Valmoheia har vi hastighetssensorer plassert i egen mast 10, 20, 45 og 45 m over bakken.

Hastighetssensorene fra Aanderaa er kopp-anemometre med en rotasjonshastighet proporsjonal med vindhastigheten. Deteksjonen av rotasjonshastigheten foregår ved at en roterende magnet aktiverer et reed-relé to ganger pr. rotoromdreining (se Fig. 2). (Reed-relé: «kontakt» som åpner/lukker seg ved forandring i magnetfeltet). Elektronikken i anemometeret behandler signalene slik at middelverdi og maksimalverdi (over 2.8 sek.) av vinden er tilgjengelig i sensoren for perioden fra siste logging. Om ønskelig kan vi variere loggeintervallet mellom 30 sek. og 3 timer, men vi bruker altså 10 min. som standard. (I likhet med vanlige meteorologiske registreringer). Tiden mellom nødvendig ettersyn/båndskift ved stasjonen vil selvsagt variere med det valgte loggeintervall.

Målingene på Skipheia

Hovedstasjonen på Skipheia består av 2 stk. 100 m master samt 1 stk. 45 m mast. Datautrustningen er plassert i en Moelven brakke. Her har vi hittil hatt en svært enkel datamaskin (ABC-80) til å styre data og foreta datainnsamlingen fra tilsammen 15 vindhastighetssensorer og 4 vindretningssensorer (horisontal og vertikal retning). Hastighetssensorene er plassert på 10, 20, 45, 75 og 100 m høyde i de 3 mastene.

Imidlertid har vi i lengre tid hatt et nytt loggesystem under utvikling (se Fig. 3). Dette er tenkt satt i drift i løpet av våren 1986. Systemet vil i sin nåværende form gi plass for å logge totalt 40 signaler. Til å begynne med vil vi imidlertid nøye oss med 30: 19 vindhastighetssignaler, 5 horisontale og 5 vertikale vindretningssignaler samt nettspenning. Også her er vindmålerne av kopp-anemometertype. Deteksjonen foregår ved at en lysstråle i en optisk lesegaffel brytes av en «chopper-skive» m/utstansede hull. Chopper-skiva roterer med samme hastighet som rotoren. Frekvenssignalene fra vindmålerne overføres så til datamaskinen via en fiberoptisk link som utgjør et galvanisk skille mot datautrustningen. De analoge signalene fra retningssensorene blir omgjort til frekvenssignaler i en V/F omformer før de blir sendt inn på den optiske linken. Signalene går så inn på tellere (AM 9513) som kan leses av via PIO-kort av en FALCON enkortsmaskin fra Digital (Computer 1). Dette er en lite ressurskrevende datamaskin som vi regner med å kunne drive avbruddsfritt. FALCON leser av tellerne 512 ganger pr. 10 min. (~ 0.85 Hz) og beregner 10 min. middel-, maksi-

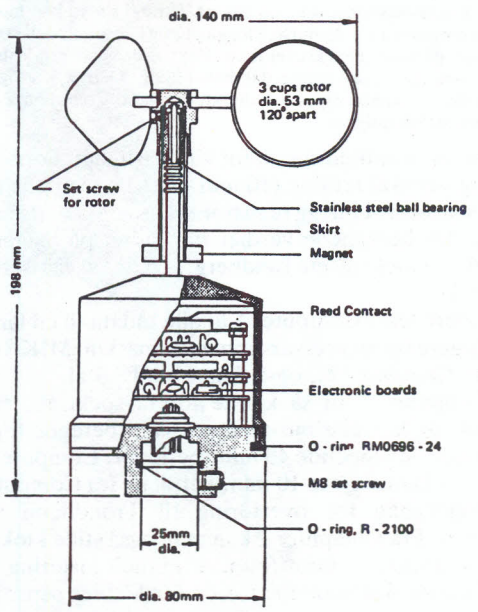


Fig. 2. Snitt av Aanderaa koppanemometer.

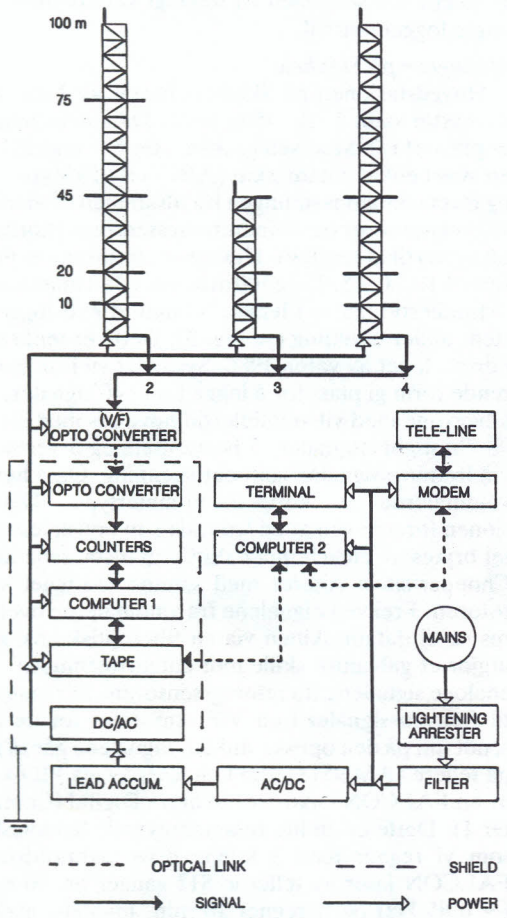


Fig. 3. Målesystemet for mastene på Titran i Frøya kommune. Computer 1 tar de hurtige logginger og lagrer middelverdier etc. på bånd. Den krever liten effekt og drives avbruddsfritt. Computer 2 tar tyngre databehandling. Den er kraftig og effektkrevende og drives direkte fra nett. Computer 2 har autostartmulighet.

mum- og minimumsverdi for vindhastighet, horisontal og vertikal retning (10 min. mid.) og varians for alle sensorer. I tillegg registreres altså også nettspenning. De beregnede verdier blir lagret på magnetbånd ved hjelp av en Tandberg TDC 3000 «cassette-recorder».

Videre leser Computer 1 ut alle rådata til en langt kraftigere og mer ressurskrevende maskin: MIKRO-PDP (Computer 2), også denne fra Digital.

Computer 2 vil så kunne foreta spektral-, frekvens- og korrelasjons-analyse, samt beregne form på vindgust i løpende 40 min.-perioder. Computer 2 vil også kunne gjøre 10 min.-verdiene fra Computer 1 tilgjengelig for overføring til Trondheim via modem. Fra Computer 2 kan man også stille klokka på Computer 1, samt foreta eventuell justering av kalibrasjonskonstantene for de forskjellige sensorene.

Dagens loggesystem har stort sett kunnet ta seg av de samme oppgaver som Computer 1 nå tar seg av. Det må dog tillegges at Computer 1 både er raskere og kan måle på flere sensorer. Dessuten er det nye systemet mer fleksibelt. Mulighetene for direkte behandling av rådata som Computer 2 gir oss har vi imidlertid ikke hatt tidligere.

Problem

Det har vist seg at forskjellige former for atmosfæriske utladninger har voldt oss de største problemene. For å sikre oss mot store ødeleggelser har vi derfor installert et avbruddsfritt (~ 10 timer) strømforsyningssystem med AC/DC-, DC/AC-omforming og diverse filtere. Dessuten er det lagt et omfattende «jordingsnett» rundt målemaster og målebrakke. Til slutt har vi plassert selve datautrustningen inne i et «Faraday-bur» med optisk overføring av måledata.

Tilsammen har disse tiltakene gitt svært positiv virkning på tilgjengeligheten på stasjonen. Riktignok er vi fremdeles plaget av lynnedslag o.l., men skadene blir av mindre omfang enn tidligere, tar kortere tid å utbedre og blir ikke så kostbare. Kontakt Trondheim-Frøya via data-modem gjør også at eventuelle feil kan oppdages raskt.

ET TU, NEUTONE

*K. Razi Naqvi *)*

I should like to say a special word about this piece on Newton. We have a tendency that is wholly familiar to place our heroes on a pedestal and accord them what is reightly called worship. And this hero worship as surely provokes the tendency for others to search for signs of clay feet, straw in the shirt, or a furtive twitch of the eye. Like the progressive income tax, these critics exert a levelling influence without which science might not survive. A picture within the covers of Nature, *as any perceptive recipient of the honour must know, is taken by a large number of people to mean that the individual is henceforth much more in need of expert criticism than applause.*

However, this suspicion of heroic stature is no doubt most useful when directed at the living. It is also by way of being more fair. I have been concerned lest in attacking the Newton myth I seem to be debunking for the sake of debunking the reputation of a man long since dead. This is not my intention. Newton's contemporaries and competitors, and in recent times quite a few iconoclasts, as well as the official records of the Royal Society, and above all the Principia *itself, have provided us with a mass of evidence that is inconsistent with much (though not all) of the Newton legend.*

It is distressing to discover that the Newton myth is the most fabulous of the scientific fairy tales - not in total, of course, but in considerable part. If we resolve, as we must, that the purveyors of fiction and bamboozlement will not get the better of us, then we must start right there.

A spate of scientific frauds sees to have burst into attention since the mouse-painting episode[1] that occurred at the Sloan-Kettering Institute in 1974; one exposure of cheating (i.e. falsification or fabrication of data) has followed upon the heels of anot-

*) Fysisk institutt UNIT/AVH.

her[2,3] The crowning misdeed, revealed posthumously, was Sir Cyril Burt's scandalous hoodwinking of professional psychologists and educationists into believing his manufactured data on the link, if there is one, between IQ and social class.[4,5] We have also been treated to some incredible exhibitions of plagiarisms - wholesale appropriation of other authors' work by a single culprit as well as occasional lapses by more timid, petty practitioners of the sin which is probably as old as authorship itself.

Oh, that reminds me. I, too, have a confession to make about my italicised preamble: Substitute *Ford* for *Newton, democracy* for *science,* and *on the cover of* Time *Magazine* for *within the covers of* Nature, and you will get, verbatim, the first paragraph (minus one sentence that is too topical) of J. K. Galbraith's preface to his essay[6] «Was Ford a Fraud?». Apart from some necessary but inconsequential amendments, you have also unwittingly read the bulk of Galbraith's second paragraph and the concluding remarks of his prelude. Now I can go back to other fakes with a clear conscience.

Of course, these misdeeds elicited a torrent of commentaries, filling the pages of scientific journals, and spilling over to the daily newspapers; the dirty lab-coats were given a thorough wash in public. At least two books were written on the subject.[1,2] One of the shorter pieces (*New Scientist:* **95**, 444; 1982) was entitled «Are physicists more honest?»; observing that most of the miscreants had been engaged in biological research, its author wrote:

> In comparison, physicists seem to be a particularly honest lot. It was only recently, after seven years of monitoring research in optics, that I stumbled across a case of alleged cheating. . . .
>
> Why, I asked myself, does there seem to be so much less cheating in physics than in «softer» sciences? Could it be the intense competition in biomedicine, where the most prolific researchers churn out papers at mind boggling rates? Or is it the nature of the people in the field? After all, would-be medical students in the United States are notorious for cheating in undergraduate school.

I have seen, in my 20+ years of multidisciplinary research, too much malpractice among physical scientists to concede that physicists are more honest. Nore has my reading of professional periodicals convinced me that I have chanced to work in particular physics departments reeking with rogues: What about the suppression, by Millikan, of Harvey Fletcher's contribution[7] to the oil-drop experiment, or the seizure, by Duane, of David Webster's work[8] on the so-called Duane-Hunt law? Remember the bitter dispute over the invention of the laser?[9] And the controversy surrounding CP-violation-[10] Even «noble» acts can lead to complaints; according to Goudsmit[11].

> when the Dutch physicist Dirk Coster sent Sommerfeld a manuscript on x-ray energies for an opinion, he kept it so lang that one of his own pupils, Walter Kossel, was able to scoop Coster. Similarly, on a visit to Holland, Sommerfeld learned that I was working on the spectrum of iron. He made sure that his pupil Otto Laporte got his results published first, making my efforts obsolete. A professor protected his pupils more than himself. These are just examples of common quibbles, minor compared to today's frantic races for a Nobel Prize.

And why should physicists (or mathematicians) stoop to plagiarism when they can re-discover mathematical results and publish them with impunity! Witness the string of papers on the so-called Stirling's formula and its variants[12]. Finally, to quote from a letter written to *Nature* (**294**, 204; 1981) by the Cambridge mathematician J. F. Adams:

> In *Annals of Mathematics* (**69,** 247-251; 1959) we find a letter purporting to come from a mathematician long since dead, saying how delighted he is to see his results discovered independently by the mathematicians of the present day. The letter convinces me of the present day author's standing both in mathematics and in the history of mathematics; and he chose an amusing way to make his point.

– – –

From now on, I shall be concerned mainly with the apotheosis of Newton, and a thoroughly commendable effort, made by Robert Weinstock (*Am. J. Phys.* **50,** 610-617; 1982 & **52,**883-890; 1984) to call to earthly account the oracular personality that has been called «the perfect scientist»[15] and has also been ranked among the greatest names in English literature. In an essay entitled «On Persons One Would Wish to Have Seen», William Hazlitt wrote:

> LAMB it was, I think who suggested this subject, . . .
>
> On the question being started, Ayrton said, «I suppose the two persons you would choose to see would be the two greatest names in English literature, Sir Isaac Newton and Mr. Locke?» In this Ayrton, as usual, reckoned without his host. Every one burst out a-laughing at the expression of Lamb's face, in which impatience was restrained by courtesy. «Yes, the greatest names,» he stammered out hastily, «but they were not persons - not persons». - «Not persons?» said Ayrton, looking wise and follish at the same time, afraid his triumph might be premature. «That is,» rejoined Lamb, «not characters, you know. By Mr. Locke and Sir Isaac Newton you mean the 'Essay on the Human Understanding' and the 'Principia,' which we have to this day. Beyond their contents there is nothing personally interesting in the men. But what we want to see any one *bodily* for, is when there is something peculiar, striking in the individuals, more than we can learn from their writings, and yet are curious to know. I dare say Locke and Newton were very like Kneller's portraits of them . . .

I dare say, that Hazlitt and his cronies never read the *Principa!* Or Lamb would have been curious to know something, and would have named, as he went on to do (instead of «Sir Thomas Browne and Fulke Greville, the friend of Sir Philip Sidney») Sir Isaac Newton and Johann Bernoulli, the brother of Jacob Bernoulli

> as the two worthies he should feel the greatest pleasure to encounter on the follor of his apartment in their nightgowns and slippers, . . .

Why Newton and Johann Bernoulli? Allow me just one more interlude, in which I present three «cases», and you will see the reason.

– – –

In this section, I discuss three instances in which the work of one author is followed up by another author (or a group of authors writing jointly).

Maxwell-Boltzmann distribution. Maxwell's original derivation (1860) of the law of velocity distribution was based on the assumption that, as the «components of velocity of each particle in three rectangular directions [are] all at right angles to each other», the corresponding distributions are statistically independent. He was able to conclude that

> the velocities are distributed among the particles according to the same law as the errors are distributed among the observations in the theory of the «method of least squares.»

Maxwell himself realized a difficulty and wrote (1867):

> In the *Philosophical Magazine* for January 1860, I have given an investigation of this case, founded on the assumption that the probability of a molecule having a velocity resolved parallel to x lying between given limits is not in any way effected by the knowledge that the molecule has a given velocity resolved parallel to y. As this assumption may appear precarious, I shall now determine the form of the function in a different manner.

However, even this second attempt was far from satisfactory; for he succeeded only in showing that *if* in a gas the Gaussian distribution was once attained

> then this distribution of velocities will not be altered by the exchange of velocities among the molecules by their mutual action.

Boltzmann first showed, with the help of his H-theorem (1872), that the gas would tend to the Gaussian distribution. The amiable Maxwell acknowledged (1879) Boltzmann's contribution, and we refer to their formula as the Maxwell-Boltzmann distribution.

The Onsager Problem. A quantity of considerable importance in many contexts is the probability that a pair of «particles» initially separated by a given distance will ultimately react with each other. Mathematically, the problem can be reformulated in terms of the relative motion of a single particle which can be absorbed by a stationary sink. The problem originated with Onsager (*Phys. Rev.* **54,** 554-557; 1938), who was concerned with the geminate recombination of an ion pair. He wrote the equation of motion for the probability density f of the diffusing particle (assumed to execute Brownian motion in a potential w) −his Eq. (2)− and disposed of the problem in a single sentence:

> The solution to this problem - the Green function of Eq. (2) - is rather complicated. Fortunately, as an equation for $f\exp(w/kT)$, Eq. (2) is self-adjoint in 3 dimensions, and considering the symmetry of its Green funcion, one can show that the chance ϕ for any ultimate fate of the ion must itself satisfy the differential equation
>
> $$\mathrm{div}(\exp(-w/kT)\mathrm{grad}\phi = 0$$
>
> which admits the trivial solution $\phi=1$ (certainly).

The problem was reconsidered some years later by Monchick (*J. Chem. Phys.* **62,** 381-285; 1956), who was then unaware of Onsager's work (private communication). Monchick's solution was as detailed as Onsager's was elliptic, but the latter was far more elegant. Subsequently, the two approaches were unified and Onsager's argument was spelled out in meticulous detail by Waldenstrøm, Mork, and myself (*J. Chem. Phys.* **71,** 73-80; 1979 & *J. Phys. Chem.* **84,** 1315-1319; 1980). Neither Monchick nor any one else has ever suggested that Onsager failed to sketch the outlines of a valid proof. By including the phrase «in 3 dimensions», Onsager also indicated his awareness of the fact that the argument does not hold in a space of fewer than 3 dimensions.

My Own Problem. Carotenoid pigments (Car) are present in nearly all photosynthetic organisms and are known to perform at least two essential functions: First, they prevent the degradation of chlorophyll (Chl), lipids, proteins, and nucleic acids by a pernicious reactant, viz. singlet oxygen; secondly, they act as accessory light-harvesting agents, transferring their electronic excitation energy to Chl. Though the mechanism behind their protective role was unravelled rather early, that for the light harvesting act was clarified only recently. In a short note (*Photochem. Photobiol.* **31,** 523-524; 1980) I offered a scheme embracing the two functions. My explanation, which seems to have gained general acceptance, requires electron exchange between the two types of pigments, Chl and Car; it stands or falls according as these two pigments can or cannot come in contact. The penultimate paragraph of my note has two sentences. In the first, I ask the question: Do the interactions accounting for photoprotection and light-harvesting take place between molecules which are in contact all the time, or only when the two are brought into temporary juxtaposition by diffusive displacements. The next sentence gives the answer:

> Experiments conducted at low temperatures show that both processes are opreative under conditions where diffusion is greatly impeded; one may therefore conclude that the light harvesting carotenoids are in close contact with the antenna Chl molecules.

And here is an excerpt from the opening paragraph of a note (*Ibid.* **33,** 275-277; 1981) that appeared soon after mine:

> The mechanism by which the carotenoid pigments of photosynthetic organisms can act in an accessory light-harvesting role was examined recently by Naqvi (1980). . . . He further concludes that electron exchange-mediated transfer of singlet energy would be favored . . . Electron-exchange processes require close approach of the interchangig entities and the question was raised (Naqvi 1980) as to whether the donor-acceptor pair are contiguous prior to the excitation event, or whether the requisite contiguity is attained through diffusive displacement after excitation. We present evidence which points towards the former as being the most likely alternative.

You will agree, because you understand English, that, in my paper, the question was not only raised but also conclusively answered. Thus the only honourable course open to the authors of the above passage was to write: «We present further evidence in support of Naqvi's conclusion». That their evidence was itself flimsy and their analysis fallacious will become clear, among those who proceed beyond their introductory paragraph, only to the few who are well-versed in photophysics and photochemistry.

I have cited three examples. In the first, Boltzmann finished a task to which Maxwell was not equal. In the second, Monchick and others provided useful, but dispensable, appendages to Onsager's article. In the third, the authors failed to inform the reader that they were endeavouring to answer a question that had already been dealt with in unequivocal terms. Each of these illustrations (taken - in order to assure the reader that I have done my homework - from fields with which I have been intimately connected) will be seen to have its parallel in the Newton-Bernoulli anecdote, to which I turn at last.

— — —

The following entry was inscribed into the official records of the Royal Society of London on 28 April 1686:

Dr. Vincent presented to the Society a manuscript treatise intitled, *Philosophiae Naturalis principia mathematica,* and dedeicated to the Society by Mr. Isaac Newton, wherein he gives a mathematical demonstration of the Copernican hypothesis as proposed by Kepler, and makes out all the phaenomena of the celestial motions by the only supposition of a gravitation towards the centre of the sun decreasing as the squares of the distances therefrom reciprocally.

Let us, by looking into the *Principia,* find out if Mr. Newton actually delivered what he promised: to prove that a particle attracted by an inverse-square force toward a fixed point must move along one of the conic sections - ellipse, hyperbola, or parabola - having a focus at the fixed point of attraciton.

In Book 1, Proposition XI, Newtong shows that if a particle moves in an elliptic orbit under the influence of a force directe toward one focus, then the force must hav inverse square magnitude. In Propositions XII, he repeats this for a hyperbolic orbit, and completes the sequence, in Proposition XIII, by saamuming a parabolic orbit and deducing the same inverse-square force magnitude.

You can see, because you can read English, that from the foregoing propositions one must conclude that if the orbit is one of the conic sections and if the force is directed toward one focus, then the force magnitude must be inverse square. What does «the perfect scientist» himself write? In Corollary 1 to Proposition XIII we read:

From the three last Propositions it follows, that if any body *P* goes from the place *P* with any velocity in the direction of any right line *PR,* and at the same time is urged by the action of a centripetal force that is inversely proportional to the square of the distance of the places from the centre, the body will move in one of the conic sections, having its focus in the centre of force; and conversely.

Let us recapitulate. According to the records of the Royal Society, Newton claims to prove, in the first edition of the *Principia,* that *A* (ie inverse-square force) implies *B* (ie a conic section); he proves, in Propostitions XI-XIII, that *B* implies *A*, but asserts, in Corollary I: it follows that *A* implies *B* and *B* implies *A*. But none of us speaks of a Newton-Bernoulli theorem.

Actually Newton himself had become aware of the difficulty. In October 1709, he instructed his editor that, in the second (1713) edition, the Corollary reproduced above be supplemented by two sentences; these sentences are, according to his disciples, what Onsager's sentence is for his problem: the outlines of a valid proof that *A* implies *B*. Let ut suppose, for the sake of the argument, that the pundits and the acolytes have interpreted their Scripture properly; there still remains the following question: Why did Newton fail to inform his readers about Bernoulli's proof?

As it happens, Newton's additional remarks were merely a cover-up, to use a modern phrase. They serve, in the words of Weinstock (1982), «merely as an irrelevant smokescreen that confuses the issue created by the *nonsequitur* in the unaltered first sentence of Corollary 1 to Proposition XIII».

Notwithstanding Weinstock's effort, there are those who still prefer Newton's «proof». Wordsworth's tribute to Newton's statue.

The marble index of a mind for ever.
Voyaging through strange seas of Thought alone,

is not, alas, quite correct: *strange,* yes; *alone*, no.

In his 1984 paper, Weinstock examines the widespread belief that the *Principia* proves the following theorem: The exterior gravitational attraction exerted by a spherically symmetric mass distibution is the same as if all its mass were concentrated at its centre:

The *Principia* argument, however, does not take us quite so far; its reach extends only to the following:

(i) In the general spherically symmetric case, the exterior gravitational field is found to be inversely proportional to the square of the distance from the sphere center - just as if, that is, the sphere were replaced by a particle at its center, but with *the mass of that particle* (which we otherwise know must equal that of the sphere) *unspecified.*

(ii) When the sphere is homogeneous (special case of spherical symmetry), the mass of the hypothetical replacement particle under (i) is found to be *proportional to* the mass of the actual field-producing sphere; the *constant of proportionality* (equal to 1, as we otherwise know) *remains unevaluated.* As a matter of fact, the *Principia* doesn't get quite this far in its chain of argument; it leaves open the possibility that each separate mass density might require a different ocnstant of proportionality. But, as shown below, a tiny modification of a key *Principia* argument would have eliminated the unacknowledged possibility.

It is also shown below how Newton could hav applied very simple arguments to the results of (i) and (ii) in order to achieve

a proof of the most general statement presented above and embodied, essentially, in the

theorem stated above and universally attributed to Newton.

Having composed an article crammed with quotations, it would be perverse not to give the last word to Weinstock (1984) himself:

There arises the suggestein, accordingly, that perhaps the time has come for a painstaking systematic start-to-finish scrutiny in order to estabish with accuracy just what in the treatise is sound, what else in it scientifically worthless. The results of such a study should be a boon for physics teachers in particular and interested scholars in general, who ought to be reliably informed as to the essential content and quality of Newton's vaunted tome.

(1) J. Hixton, «The Patchwork Mouse» (Anchor/doubleday, Garden City, N.Y., 1976)
(2) W. Broad and N. Wade, «Betrayers of the Truth» (Simon and Schuster, N.Y., 1983)
(3) W. J. Broad, «Fraud and the structure of science», *Science*, **212**, 137 (1981).
(4) L.S. Hearnshaw, «Cyril Burt: Psychologist» (Hodder and Stoughton, London, 1979)
(5) D.D. Dorfman, «The Cyril Burt question: new findings», *Sience* **201,** 1177 (1978)
(6) J. K. Galbraith, «The Liberal Hour» (Penguin, 1963) Chap. 9
(7) H. Fletcher, «My work with Millikan on the oil drop experiment» *Phys. Today* **35** (6), 43 (1982)
(8) P. Kirkpatrick, «Confirming the Planck-Einstein equation», *Am. J. Phys.* **48,** 803 (1980)
(9) E. Marshall, «Gould advances inventor's claim on the laser», *Science* **216**, 392 (1982)
(10) A. Avashian, «History of CP violation», *Phys. Today* **36** (2) 101 (1983)
(11) S. A. Goudsmit, «It might as well be spin», *Phys. Today* **29** (6), 40 (1976)
(12) W. F. Eberlein, «Claims and standard handbooks», *Am J. Phys.* **53,** 810 (1985)
(13) S. Waldenstrøm, and K. Razi Naqvi, «The overlap integrals of two harmonic oscillator wavefunctions: some remarks on originals and reproductions», *Chem. Phys. Letter* **85,** 810 (1985)
(14) S. Waldenstrøm and K. Razi Naqvi, «Comment on Approximate formulas for Franck-Condon factors», *J. Chem. Phys.* **77,** 1613 (1982)
(15) J. W. N. Sullivan, «The Limitations of Science» (The New American Library, N.Y. 1949 p. 13

RELATIVITETSTEORI

A rocket explorer named Wright
once traveled much faster than light.
He set out one day
in a relative way,
and returned on the previous night.

FRA STATISTISK MEKANIKK TIL «STRANGE ATTRACTORS»

FORSØK PÅ EN FORENKLET FRAMSTILLING

J. McCauley og O. Steinsvoll***

I en artikkel i FFV nylig (1) gikk vi gjennom hvordan skaleringslover og fraktale (ikke heltallige) dimensjoner kan oppstå når vi forsøker å tillegge en grensekontur en lengde, og dersom konturens detaljerte utseende avhenger av måleenheten som anvendes. Det ble også nevnt at fraktale forhold kan oppstå i fysiske fenomener og i teorien for dynamiske systemer hvor utgangspunktet er et sett av ulineære differensiallikninger med vanlige «pene» (ikke singulære) koeffisienter. Et meget kjent eksempel er den såkalte Lorenz modellen (2) som kan skrives

$$\begin{aligned} x &= -\sigma(x-y) \\ y &= -xz + rx - y \\ z &= xy - bz \end{aligned} \qquad (1)$$

Med $\sigma = 10$ og $b = 8/3$ har den kaotisk oppførsel når den såkalte kontrollparameter $r > 24.06$ der samlingen av punkter som systemet trekkes mot («attraktoren»), har fraktal karakter (2,3). Uheldigvis kan ikke denne modellen forklares ved enkel matematikk (6), og vi vil ikke gå nærmere inn på oppførselen til systemet. Det er egentlig en forenklet modell av været over et landområde, og vi forstår derfor at behandlingen ikke er helt lett.

Vi trenger likevel ikke tape motet. Det har nemlig etter hvert festnet seg den oppfatning at kaotisk oppførsel i både dissipative og konservative systemer kan forstås og forklares ved analogier med enkle algebraiske modeller som kan løses ved enkel aritmetikk. Det har vist seg mulig å starte med en enkel algebraisk modell som inneholder en kontroll-parameter analogt med r i eksemplet ovenfor. Når denne varieres, kan systemet oppføre seg på forskjellige måter som inneholder *både* den irreversible tilnærming til likevekt for et konservativt system *og* dessuten sammentrekning av systemets bane i faserommet mot en såkalt «strange attractor» med fraktale dimensjoner.

*) Dept. of Physics, University of Houston, Texas

Forfatteren har hatt et stipendieopphold ved IFE, Kjeller, finansiert av NORDITA og The American Scandinavian Foundation og vil gjerne få takke begge institusjoner for deres hjelpsomhet og velvilje.

**) Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Kjeller.

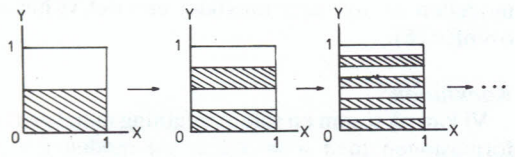


Fig. 1.

«Bakers' transformation». Konservativ modell

Den enkleste modellen er den todimensjonale gjentatte avbildning som kalles «the bakers' transformation», bakertransformasjonen. Grunnen til navnet forstår vi etterhvert. Avbildningen kan skrives:

$$x_{n+1} = \begin{cases} 2x_n, & 0 \le x_n < 1/2 \\ 2x_{n-1}, & 1/2 \le x_n \le 1 \end{cases}$$

$$y_{n+1} = \begin{cases} ay_n, & 0 \le x_n < 1/2 \\ ay_n + 1/2, & 1/2 \le x_n \le 1 \end{cases} \qquad (2)$$

Vi begynner med tilfellet der a = 1/2. Dette er en avbildning av enhetskvadratet (1 x 1) tilbake på seg selv. Gjennomløpet av trinnene i denne avbildningen er egentlig en idealisering av måten som en gammeldags baker blandet og knadde deigen på. La oss starte med en todimensjonal deig (1 x 1) med to farger (hvitt og svart). Går vi gjennom suksessive trinn i avbildningsprosessen for alle punktene innafor enhetskvadratet, blir de to fargene blandet slik som framstilt i figur 1. Resultatet er at de to fargene etterhvert blir blandet sammen fordi avbildingen laminerer («sjikter») de to opprinnelige deighalvpartene. Siden vi har med todimensjonale forhold å gjøre, skal vi fra nå av nytte uttrykket «filamenterer». Denne prosessen er et eksempel på den irreversible tilnærming til statistisk likevekt i et konservativt system på følgende måte: Uavhengig av hvor mange ganger vi gjentar avbildningen vil det samlede flateinnhold av alle fargede arealer med samme farge være = 1/2. Dette er nøyaktig den «mengde deig» som vi startet med. Dette er en analogi til Liovilles teorem (3) i klassisk mekanikk fordi Jacobis determinant for vår avbildningstransformasjon er lik én når a = 1/2, altså

$$J = \frac{\partial (x_{n+1}, y_{n+1})}{\partial (x_n, y_n)} = 2 \cdot 1/2 = 1 \qquad (3)$$

Dette vil si at transformasjonen bevarer arealer (3). Slike avbildningstransformasjoner er diskrete analogier til kontinuerlige Hamiltonsystemer og kan utledes av disse ved hjelp av Poincarés «returavbildning». Vi oppnår da en overgang fra en kontinuerlig faseromskurve for systemet til en sprangfunksjon eller gjentatt avbildning som i likning (2). For alle praktiske formål kan vi si at systemet er i statistisk likevekt når antall gjentakelser av avbildningen er stor nok til at avstanden mellom filamentene ikke kan ses med et måleinstrument (mikroskop f.eks.) med en gitt stor oppløsningsevne. Enhetskvadratet ser da ensfarget ut.

Dette stemmer også med Boltzmanns definisjon (4) av statistisk likevekt som en tilstand med «maksimal uvitenhet» siden vi ikke kan tape mer informasjon om tilstanden til det dynamiske systemet om n øker. Når vi ikke lenger kan se eller oppløse filamentene i deigen, ser den ensfarget eller statisk ut selv om vi vet at på det mikroskopiske nivå fortsetter filamenteringen i det uendelig når n øker. Alle disse antakelser og analogier kan bekreftes matematisk ved å innføre en sannsynlighetstetthet med tilhørende mesterlikning («master equation») (3).

Forbindelsen mellom Jacobideterminanten og Liouvilles teorem følger av det faktum at Jacobis determinant avgjør hvordan infinitesimale arealer transformeres ved stadige gjentakelser av avbildningsformasjonen:

$$dx_{n+1}\, dy_{n+1} = J\, dx_n dy_n \qquad (4)$$

Starter vi med et lite areal A_0 av vilkårlig form, vil vi derfor få

$$\begin{aligned} A_1 &= JA_0 \\ &\vdots \\ A_n &= J^n A_0 \end{aligned} \qquad (5)$$

etter n gjentakelser av transformasjonen. For a = 1/2 fikk vi J = 1 og derfor $A_n = A_0$.

Analogi med et dissipativt system

For $0 < a < 1/2$ får vi $J = 2a < 1$ og derfor $A_n = (2a)^n A_0 \to 0$ når $n \to \infty$

En kan altså oppfatte

$$J(n,0) = (2a)^n = \exp(n.\ln 2a) \qquad (6)$$

som Jacobi-determinanten for transformasjonen direkte fra (x_0, y_0) til (x_n, y_n) i ett trinn. Hvis vi nå antar at den diskrete indeksen n er en tidsvariabel, så ser vi at J avtar eksponentielt med tida. En analog oppførsel finner vi i Lorenz modellen, likning (1) for $\sigma + b + 1 > 0$. Dette skyldes at en da kan vise (2) at:

$$J(t) = \exp(-t(\sigma + b + 1)) \qquad (7)$$

Poincarés returavbildning for Lorenz modellen er likevel ikke så enkel som for bakertransformasjonen. I begge tilfeller trekker arealer seg sammen mot null i takt med en eksponentialfuksjon av tida.

Det er helt logisk og nyttig å betrakte $A_0^{1/2}$ som et mål for usikkerheten i startbetingelsene i punktet (x_0, y_0) i faserommet. I så fall vil vi ettersom tida øker bli

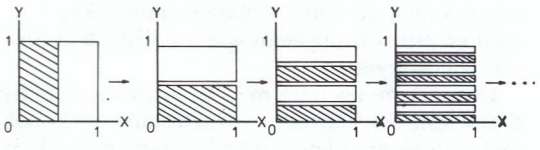


Fig. 2:

mer og mer sikker på hvor punktet (x_n, y_n) ligger i faserommet etter n gjentakelser av avbildningen. Denne antakelsen er likevel gal på grunn av filamenteringsegenskapene til avbildningen. Denne egenskap er nemlig også tilstede når $0 < a < 1/2$. Dette betyr at flater blir sammentrykt med en faktor a i y-retningen mens de blir strukket ut i x-retningen. Faktoren 1/2 anvendes på y_{n+1} når koordinatoren x_n ligger på høyre side av 1/2 i enhetskvadratet og fører til at filamentene blir likt fordelt i y-retningen over enhetskvadratet (se figur 2). På samme tid vil det integrerte areal av alle filamentene minke med en faktor 2a ved hver gjentakelse.

Hvis arealene (faserommet for systemet) trekker seg sammen til et punkt når $J \to 0$, kan en ikke kalle systemets endelige bane for kaotisk. Det som i virkeligheten skjer når $J \to 0$ er at filamentene blir jamt smurt ut i x-retningen mens de fordeles på en Cantorlik punktmengde i y-retningen. Denne mengden har ikke-heltallig dimensjon.

Når $0 < a < 1/2$ kan vi kalle bakertransformasjonen for dissipativ, og tilfellet vi har gått igjennom ovenfor er et eksempel på en såkalt «strange attractor». Dette skyldes at alle systembaner der utgangsbetingelsene ligger utenfor enhetskvadratet blir tiltrukket kvadratet i løpet av endelig tid, slik at den Cantor-liknende mengden kan ses på som en attraktor.

Attraktorenes fraktale egenskaper

Vi kan beregne de fraktale dimensjonene til den oppstykkede punktmengden langs y-aksen ved den samme framgangsmåten som er vist i vår tidligere artikkel i FVV, ref. (1). La oss begynne som i figur 2, med hele enhetskvadratet skravert. Nå er $n = 0$ og vi trenger en målestav med lengde 1 til å måle punktmengden i y-retningen. Når $n = 1$ trenger vi 2 målestaver, hver med lengde a. For $n = 2$ trengs 4 målestaver med lengde a^2 osv. Etter n transformasjoner trengs 2^n staver, hver med lengde a^n. Den resulterende «strange attractor» viser seg å være en «perfekt skalerbar fraktal» (5) med fraktal dimensjon $d = 1 + d_y$ hvor

$$d_y = n \cdot \ln 2/n \mid \ln a \mid = \ln 2/ \mid \ln a \mid < 1 \qquad (8)$$

siden vi antok $0 < a < 1/2$. Dimensjonen er altså et tall mellom 1 og 2, noe som viser at mens mengden ikke dekker noen endelig flate på enhetskvadratet ($d < 2$), er den heller ikke noen enkel kurve ($d > 1$). Fraktalegenskapene til attraktoren for Lorenz modellen er mye mer innviklet enn det vi har sett ovenfor (6).

Konklusjon

Vi kan nå si som en sammenfatning at bakertransformasjonen med $a = 1/2$ er en modell for den irreversible tilnærming til statistisk likevekt for et konservativt dynamisk system. Transformasjonene foregår ved hjelp av en blanding av fasepunktene for systemet ved hjelp av en Gibbs mekanisme som kalles filamentering (7). Den opprinnelige usikkerheten i utgangsbetingelsene (representert ved en liten flate $A_0 < 1$ innafor enhetskvadratet) blir smurt jevnt utover enhetskvadratet. Den matematiske mekanisme bak denne blandingen er et sett av såkalte Liapunov eksponenter $\lambda_x = \ln 2 = -\lambda_y$ (2). Når $a < 1/2$, har vi et eksempel på en «strange attractor» med fraktal (ikke-heltallig) dimensjon. På en overforenklet måte viser dette de innviklede forhold som oppstår i et påvirket dissipativt system (8) som kan beskrives med et sett av minst tre koplede ulineære differensiallikninger.

Referanser

1. J. L. McCauley og O. Steinsvoll, «Litt om fraktalbegrepet», Fra Fysikkens Verden Nr. 1 (1986)
2. G. Schuster, «Deterministic chaos», Physik Verlag (1984).
3. A. J. Lichtenberg og M. A. Lieberman, «Regular and Stochastic Motion», Springer Verlag (1983)

J. L. McCauly og T. Riste: Introduction to Nonlinear Dynamics and Chaos Theory.
Rapport IFE/I-86/003 + KGF.
Institutt for energiteknikk.

4. S. G. Brush, «Kinetic Theory», Vol. II, Pergamon (1966).
5. S. B. Mandelbrot, «The Fractal Geometry of Nature», Freeman (1983)
6. C. Sparrow «The Lorenz Equations. Bifurcations, Chaos and Strange Attractors», Springer Verlag (1982).
7. J. W. Gibbs Collected Works, Vol. II, Longman and Green.
8. E. Lorenz, «Deterministic nonperiodic flow», J. Atmos. Sci. **20**, 130 (1963).

HUSK
KONTINGENTEN

SKOLERETTET HOVEDFAG

Asbjørn Solheim *

1. INNLEDNING

Skolerettet hovedfag i fysikk er i utganspunktet et undervisningstilbud basert på samarbeid mellom Fysisk institutt og Pedagogisk institutt ved AVH.

Det følgende berører to forhold som er av betydning for forståelsen av helheten i studieopplegget:

1. De tanker og ideer som danner basis for opplegget.
2. Beskrivelse av de emner som inngår samt gjennomføring og eksamensform for disse. Til slutt følger noe om de erfaringer som opplegget har ført med seg.

2. GENERELL ORIENTERING

2.1. Presiseringer

I artikkelen vil det bli benyttet begrepet - skolerettet forsknings- og utviklingsarbeid - om deler av den aktiviteten som universitetene har mulighet for å medvirke i når det gjelder skolens utvikling. Selve begrepet, som heretter for enkelhets skyld vil bli kalt - skoleforskning -, har et mangetydig innhold og vi pretenderer ikke å gi en fullstendig definisjon av begrepet. Men en kan i det minste se følgende tre ulike arbeidsfelt som har skolen som det primære siktepunkt:

1. Forsknings- og utviklingsarbeid som går på fagenes presentasjonsform i skolen. I internasjonal språkbruk kalles dette «Curriculum development and research». Denne skoleforskningen tar sikte på å frembringe viten om hvilke muligheter et fag og dets egenart har for å finne grobunn i konkrete undervisningssituasjoner, samt å frembringe viten om samspillet mellom flere fag og faglige egenarter i en større tverrfaglig enhet, som f.eks.: samfunnskunnskap, naturfag, estetiske fag, naturmiljøkunnskap. Denne form for skoleforskning forutsetter samarbeid mellom faginstitutter, pedagogikk og aktive lærere i skolen.
2. Forsknings- og utviklingsarbeid som sikter mot de tekniske forutsetninger for undervisningssituasjonen i skolen. Dette arbeidet kan omfatte utvikling og utprøving av teknisk undervisningsmateriell, klasserom, skolebygg, osv. Denne skoleforskningen forutsetter samarbeid mellom teknologiske disipliner, faginstitutter, pedagogikk, skolemyndigheter og aktive lærere.
3. Forskning med sikte på å frembringe viten om enkeltmenneskets og gruppemenneskets plass i skolemiljøet, og dette skolemiljøets forhold til det totale samfunnsmiljø. Det vil her være spørsmål om å frembringe viten omkring en rekke mer eller mindre psykologisk betingete aspekter som f.eks.: holding, trivsel, motivasjon, osv.

Selv om tyngepnktet for de tre skoleforskningsaktivitetene er klart ulike, så betyr ikke dette at de tre områdene er innbyrdes uavhengige. Det vil f.eks. ikke være mulig å arbeide innenfor området «curriculum development», uten samtidig å ha for øyet holdning, trivsel og motivasjon hos eleven.

2.2. Hvilke forutsetninger har universitetene for å delta i skoleforskning?

Universitetenes oppgave er vanligvis beskrevet som *forskning* og *undervisning*. Universitetenes forpliktelser er altså knyttet til to aspekter:

a) På den ene siden: Forpliktelse til å gjøre forsøk på å flytte grensene for faglig erkjennelse.
b) På den andre siden: Forpliktelse til å legge forholdene til rette for at «grenseutvidelsene» meddeles tilbake til det samfunn som universitene er en del av.

Ut fra *formelle* kriterier må det derfor sies at skoleforskning er en naturlig del av universitetenes arbeidsfelt, idet skoleforskning må kunne sies å være en forskning av den prosessen som ligger i å meddele «grenseutvidelsene» tilbake til samfunnet i en faglig adekvat form tilpasset et gitt utviklingstrinn.

Universitetenes styrke ligger i en streng utvelgelse av faglig personell med erfaring innenfor forskning. Det enkelte institutt ved universitetet representerer derfor faglig kompetanse på høyt nivå. Men selv om denne kompetanse er et vesentlig grunnlag for skoleforskning, kan en likevel ikke generelt si at den alene representerer en *formell* kompetanse i skolerettet forskning og undervisning.

Imidlertid, dersom en går utover de snevre instituttgrensene og ser på universitetet som et samlet fagmiljø, så vil dette miljøet i sum omfatte den nødvendige formelle kompetanse til å drive skoleforskning. Kompetansespørsmålet er derfor ikke i første rekke et prinsipielt spørsmål, men mer et spørsmål om samarbeidsvilje under en felles målsetting, nemlig skolens behov. Det er på denne basis at f.eks. skolerettet hovedfagsundervisning i fysikk er satt i gang ved UNIT.

3. KONKRETISERING AV VÅR UNDERVISNINGSMODELL

3.1. Strukturen av det skolerettete hovedfagsstudiet i fysikk.

Det skolerettete hovedfagsstudiet i fysikk kom i gang høsten 1974, og har i tiden frem til 1979 inngått som et ordinært studietilbud med sikte på cand.real.-eksamen. Etter studieplanendring i 1979 har studietilbudet fortsatt som et ordinært opplegg med sikte på cand.scient.-eksamen. Beskrivelsen nedenfor gjelder cand.scient.-opplegget.

Som studiegrunnlag kreves følgende:

*) Fysisk Institutt UNIT/AVH

a) Kandidaten skal ha gjennomført et fagstudium på ca. 3½ år innenfor f.eks. matematikk, kjemi og fysikk, hvorav fysikk i 1½ år (30 vekttall).
b) Kandidaten skal ha gjennomført et praktisk-pedagogisk studium på ½ år (10 vekttall).

Punkt a) er i samsvart med kravet til studiegrunnlag i alle typer av hovedfagsstudier i fysikk. Punkt b), derimot, er et særkrav for dette spesielle hovedfagsopplegget. Dette særkravet regnes imidlertid som nødvendig for å gi kandidatene et minimum av undervisnings- og miljøerfaring i skolen. Dessuten må i alle tilfeller de kandidatene som velger skolen som arbeidsfelt gjennomgå det praktisk-pedagogiske studiet, slik at særkravet ikke medfører ekstra studietid. På basis av a) og b) skal så hovedfagsstudiet bygges opp innenfor en vekttallsramme på 30 (1½ års normert studietid), hvorav 20 vekttall er selve den skriftlige hovedfagsoppgaven.

Nedenfor er vist skjematisk hvordan fysikk-delen av studiet frem til cand.scient.-eksamen eksempelvis kan bygges opp.

Hovedfagsoppgave (20 v.t.)	7. F.eks.: Utarbeiding av et undervisningsopplegg i fysikk for skolen	Hovedfag i fysikk 30 v.t. (1½ år)
Spesielle emner 10 v.t. (½ år)	4. Generell og spesiell pedagogikk (5 v.t.) 5. Utviklingsprosjekter i fysikk (3 v.t.) 6. Spesialpensum i fysikk (2 v.t.)	
	Praktisk pedagogisk studium	½ år
Generelle emner i fysikk 10 v.t. (½ år)	1. Eksperimentalfysikk (4 v.t.) 3. Kvantemekanikk I (3 v.t.) 2. Statistisk mekanikk (3 v.t.)	30 v.t. i fysikk (1½ år)
Obl. emner i fysikk 20 v.t. (1 år)	Generell fysikk (3 v.t.) Elektr. og mek. II (5 v.t.) Fysikk fagdid. (2 v.t.) Kvantefys. og stat. fysikk (5 v.t.) Elektr. og mek. I (5 v.t.)	

Punkt 1 i skissen er et obligatorisk emne for dette studieopplegget, mens punktene 2 og 3 er fritt valgte fysikkemner. Punkt 4 omfatter pedagogisk utdannelse (pedagogisk psykologi, læringsteori og læreplanteori) *utover* det praktisk-pedagogiske studium. Emnet undervises av Pedagogisk institutt som faglig ansvarlig instans. Punkt 5 omfatter en faglig og pedagogisk analyse av ett eller flere utviklingsprosjekter i fysikk, f.eks. SCIS, Nuffield-prosjektet, Harvard-prosjektet, osv. En analyse av de tanker og ideer om fysikkundervisning som er nedfelt i slike prosjekter, sees på som et nødvendig grunnlag for å sette studenten i stand til selv å utvikle faglig holdbare forslag til egne undervisningsopplegg med sikte på skolen. Punkt 6 er et fysikkemne som direkte bygger opp under det fagstoffet som hovedfagsoppgaven bygger på.

Punkt 7 er selve hovedfagsoppgaven. Den kan gjennomføres på flere alternative måter. En måte er å ta utgangspunkt i ett eller flere av de 8 fysikkemner som inngår i det totale studiet. Foruten at oppgaven vil være en faglig fordypning innenfor et bestemt emneområdet, vil den f.eks. bestå i utarbeiding av et undervisningsopplegg for skolen innenfor dette emneområdet. Oppgaven vil da omfatte både teori, øvinger og eksperimentell presentasjon av fagstoffet for et nærmere angitt undervisningsnivå i skolen.

3.2. Eksamensordning

Når hovedfagsoppgaven er innlevert blir den gitt en foreløpig bedømmelse både av sensor, den faglige veileder og av en representant for Pedagogisk institutt. Til avslutning må kandidaten opp i en muntlig prøve som omfatter to ting,

a) Et muntlig forsvar av den innleverte hovedoppgaven. Etter denne prøven blir det så fastsatt en endelig karakter på oppgaven.
b) Muntlig eksamen i emnene 4 og 5.

Den sistnevnte prøven er lagt opp på følgende måte:

Kandidaten får utlevert en oppgavetekst to dager før eksamensdagen. Med utganspunkt i denne teksten skal kandidaten utarbeide et foredrag av ca. 40 min. varighet. På eksamensdagen holder så kandidaten sitt foredrag, og etterpå blir det en faglig diskusjon (eksaminasjon) omkring temaet i oppgaveteksten mellom kandidaten, veileder, representanten fra Pedagogisk institutt og sensor.

Denne eksamensformen har vist seg hensiktsmessig for å oppnå den *integrering* av fysikk og pedagogikk som er et av målene med studiet.

4. GJENNOMFØRTE HOVEDFAGS-EKSAMENER. ERFARINGER.

I tidsrommet fra 1976 frem til 1985 har følgende kandidater fullført hovedfagseksamen i skolerettet fysikk, enten til cand.real.- eller cand.scient.-graden:

Aamot, Eimund:	Energi og samfunn.
Andreassen, Klaus:	Energi fra vindmøller.
Antonsen, Dag:	Sola.
Brath, Leif Peder:	Mikrobølger og deres optiske analogier.
Bue, Odd:	Innføring i digital elektronikk.
Bøhn, Hilde:	Spesiell relativitetsteori for den videregående skole.
Ervik, Bjørn:	Elektroakustikk for videregående skole.
Fet, Annik Magerholm:	Energi, spesielt kjerneenergi for den videregående skole.
Heggen, Jorun S.:	En innføring i kvantefysikk for den videregående skole.
Kannelønning, Lorentz:	Kvantefysikk for videregående skole.
Myrvang, Kai:	Solenergi.
Mejlænder-Larsen, Gerd:	Synssansens fysikk.
Nordeng Jan:	Kjernemodeller- for den videregående skole.
Skår, Erling:	En innføring i kosmologi.
Storelvmo, Edel:	Elementærpartikkelfysikk for den videregående skole.
Thomassen, Einar:	Termodynamikk - vannpumper.
Wikanes, Henry:	Solsystemet

Av disse oppgavene er flere utprøvd i skolen, og etter rapportene fra skolene å dømme, med godt resultat.

Videre har Fysisk institutt gjennomført etterutdanningskurs for lærere i skolen basert på en slik hovedfagsoppgave. Avslutningstesten for kursdeltakerne viste at kurset ble godt mottatt.

ENERGI OG SAMFUNN

ETTERUTDANNING I FYSIKK FOR LÆRERE I DEN VIDEREGÅENDE SKOLE

Finn Ingebretsen *

1. Innledning

I den nye fagplanen i 2FY er det nå inkludert et emne kalt «energi og samfunn». I faget fysikk er dette et radikalt brudd med gamle fagtradisjoner, og responsen fra lærerhold er da også meget variert. Lærebøkene som nå etter hvert er orientert etter fagplanene har også gitt dette emnet et varierende innhold.

Som lærer har en her mange muligheter ved valg av emner så vel som tilnærming til stoffet. Den tradisjonelle fysikkundervisning kan, satt noe på spissen, karakteriseres som en forenklet variant av universitetsfagets første års pensum. Dette innebærer en kvantitativ/matematisk beskrivelse av fysiske fenomener, forenklet i prinsippielle (og ofte overforenklede) modeller, basert på «first principles». Det nye ved emnet energi og samfunn er at det er nødvendig også å nærme seg deler av stoffet på en mer kvalitativ måte, samtidig som slike forferdelige elementer som personlige oppfatninger, kanskje også politisk holdninger, ikke lenger lar seg skjule bak en objektiv fasade.

Emnet er også typisk tverrfaglig. Det knytter det meget sentrale fysiske begrep «energi» til vår egen hverdag i samfunnet. Se bare på emnelisten:

- Produksjon av elektrisk energi
- Kjerneenergiverk
- Andre muligheter for produksjon av el. energi.
- Energi - samfunn;
  - Energibruk i hjem og samfunn
  - Høyverdige og lavverdige energiformer
  - Energi og ernæring
  - Energi og samfunnstruktur
- Teknologiske anvendelser og etikk.

Denne menyen er i sannhet en utfordring, kanskje også provoserende (??). Vi aksepterer lista, og den enkelte bør så fylle den innenfor den meget vide rammen som faktisk er gitt.

* Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

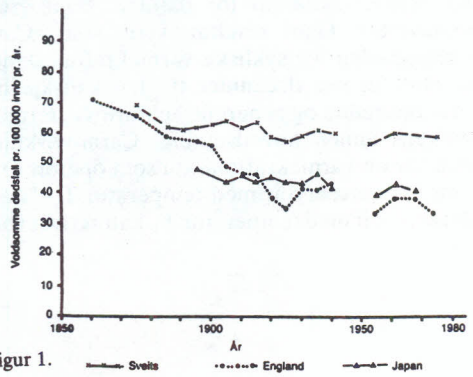
Men når nøden er størst er hjelpen nærmest. En aldeles udmerket (og ufrivillig) hjelper i denne pedagogiske situasjonen er avisene. De er som regel fulle av «energistoff», ofte av opplysende, oftere av politisk, og heller ikke sjeldent av misvisende art. Ikke minst det siste kan være til stor hjelp til å motivere elever for nærmere studier, undersøkelser og ettertanke. Ta for deg en ukes aviser, og se selv!

2. Energi - basis for vår velstand

Den ofte utskjelte industrielt produserte energi er en helt fundamental og nødvendig basis for det moderne menneskesamfunn. Det moderne menneske forbruker i dag ca. 100 ganger den energi som er absolutt nødvendig for å opprettholde det mest primitive liv. Utviklingen kan sammenfattes i følgende tabell:

Samfunn	*Relativt energiforbruk pr. capita*
Jeger/samler, steinalder	1
Tre-brenning	2
Primitivt jordbruk	6
Middelalder jordbruk	12
England, etter industrielle revolusjon	30 - 35
Moderne høgteknologisk samfunn (USA)	115

Ut fra dette kan en selvsagt ikke trekke den slutning at alt blir bedre jo mer energi som forbrukes. Ikke desto mindre kan en slå fast at tilgang på konsentrerte energiressurser, (først og fremst kull, senere olje) har totalt forbedret menneskenes livssituasjon. Fig. 1 og 2 (fra H. Dahl, Teknikk, Kultur og samfunn, Ingeniørforlaget), viser tre viktige (blant mange flere) indikatorer på at store «svøper» for menneskesamfunn er sterkt redusert eller fjernet. En regner med at hvert fjerde individ i jeger/samler samfunnet (steinalder) led en voldelig død. I 1860 var dette tallet ca. 70 pr. 100.000 pr. år i England, nå ca. 30. Spesielt interessant er det å legge



Figur 1.

merke til at de store epidemier faktisk var bekjempet før de store avgjørende medisinske gjennombrudd fant sted. Den sterkt forbedrede livssituasjon, bedre mattilførsel, bedre hygiene etc. etc. var en følge av industrialiseringen som igjen var basert på - rikelig tilgang på energi.

Når dette er sagt, er det selvsagt også viktig å være kritisk mot ubegrenset energibruk. Dette skal vi komme tilbake til. Tabell 1 (B. Elbek, Energi, energikrise), kan være et godt grunnlag for sammenligninger og refleksjoner.

3. Energibegrepet

Fysikk som fag er i stor grad karakterisert ved sin metode og sitt gyldighetsområde. Et viktig trekk ved faget er det overordnede krav om å beskrive fenomener ut fra grunnleggende prinsipper, eller aksiomer. Disse aksiomer, som f.eks. Newtons lover, termodynamikkens lover, kvantemekanikkens aksiomer osv. er postulerte generaliseringer og synteser av observerte fenomener.

Videre er invariante størrelser sentrale i den klassiske fysikken. (I moderne fysikk snakker vi heller om symmetrier). Energien i et lukket system er et eksempel på en meget viktig invariant størrelse, og er således veldefinert. Det er imidlertid av stor interesse, også med relevans til emnet «energi og samfunn», å se hvorledes energibegrepet og satsen om energiens bevarelse har oppstått.

Grunnlaget ble lagt i det forrige århundre, ved utviklingen av den vitenskap som nå kalles den klassiske termodynamikk, eller kort og godt varmelæren. Før denne tid ble ordet energi ofte brukt i betydningen kraft (hvilket også er den greske opprinnelsen av ordet).

Det første, og for den videre utvikling avgjørende, arbeidet ble gjort av den franske artilleri-ingeniørløytnant Sadi Carnot (1796-1832) i artikkelen «Reflections sur la puissance motrice du feu er sur les machines á dèvelopper cette puissance» fra 1824. I dette arbeidet fant Carnot, riktignok via et par feilresonnementer, ut den prinsippielt minste mengde kull som skal til for å drive en dampmaskin. Hans anliggende var altså høyst jordisk og trivielt, best mulig brenselsøkonomi for datidens dampdrevne kanonlavetter. Hans resultat, kjent som «Carnot virkningsgraden for sykliske varmekraftmaskiner», førte etter et par decennier til den kanskje mest revolusjonerende og generelle «naturlov», termodynamikkens annen hovedsetning. Carnotvirkningsgraden for en varmekraftmaskin som opererer mellom en varmereservoir med temperatur $T_>$ K og et kaldt reservoir med temperatur $T_<$ kan skrives som:

$$\eta = 1 - \frac{T_<}{T_>}$$

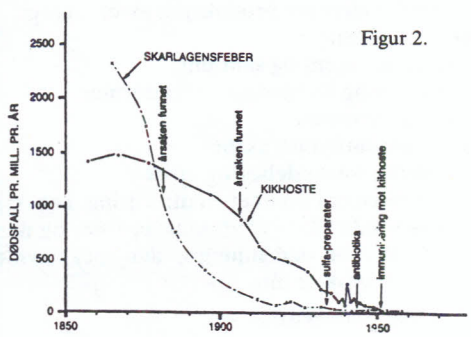
Tabel 1. Energiværdier

	liter olje
Energiforbruget ved nogle dagligdags aktiviteter	
Mallorcatur med fly (pro persona)	*390*
1 døgns varme i huset (kold januar)	*20*
1 søndagstur i bilen (100 km)	*10*
1/2 time på vandski	*8*
4 kg tøj i vaskemaskine	1
1 døgns kulde i køleskabet	0,3
1 karbad	0,3
1 time TV	0,04
2 kopper aftenkaffe	0,03
1 elektrisk barbering	0,0003
Energiforbruget ved fremstilling af nogle forbrugsgoder:	
1 enfamiliehus	20.000
1 bil (1000 kg)	2.000
1 plastbåd (50 kg)	67
1 kg drivhustomater	4
1 fløjtekedel	2
1 avis (Berlingeren)	0,45
1 øl	0,03

Neste skritt på utviklingen skjedde etter en ekspedisjon til det ostindiske hav. En ukjent tysk huslege, Dr. Julius Robert Mayer, ekspedisjonens skipslege, fikk ideen om energiens bevarelse på en underlig måte. Som lege foretok han både før og under ekspedisjonen årelatinger, og observerte det interessante faktum at blod er rødere i tropiske enn i tempererte strøk. Mayer skjønte at dette skyltes lavere oksygenopptak under tropiske forhold, hvilket igjen ledet ham til . . . energibevaringsprinsippet. Kanskje det eneste fornuftige som noensinne har kommet ut av årelating!

Neste skritt på utviklingen var den engelske bryggerieier James Prescott Joule's berømte forsøk, fremlagt for «The British Association» i 1843. Joule påviste eksperimentelt at mekanisk arbeid omsettes til varme slik at 1 joule tilsvarer 0.239 cal.

Det hører forøvrig med til historien at Joule solgte bryggeriet, og ofret seg for forskning på heltid.



Figur 2.

Julius Robert Mayers oppdagelse var lenge ukjent, det var den tyske vitenskapspersonen Hermann von Helmholtz som gjennom sin artikkel «Uber die Erhaltung der Kraft» i 1841 fikk æren for prinsippet om energiens bevarelse, eller termodynamikkens første hovedsetning. Merk forøvrig at dette er en generalisering av enkeltobservasjoner. Prinsippet har, tross mange angrep, vist seg å holde.

4. Entropi, orden og reversibilitet.

Den historiske utvikling er ikke endelig beskrevet før termodynamikkens 2. lov ble formulert av en annen tysk vitenskapsperson, Rudolph Julius Emmanuel Clausius, i 1865. Denne loven er et prinsipp, som ved første øyekast kan syntes nesten triviell:

I et isolert system kan varme ikke gå fra et kaldt til et varmt sted.

Det finnes mange alternative formuleringer til 2. lov. Innføres entropi som det kvantitative mål for et systems uorden, får vi:

i alle prosesser øker universets entropi.

Begrepet entropi har vist seg å være fantastisk fruktbart, og 2. lov har uhyre vidtrekkende konsekvenser. Den sier nemlig at universets uorden uvegerlig øker, vi går ubønnhørlig mot kaotiske tilstander. Tidens pil er ensrettet.

Loven (og entropibegrepet) er i sin generelle form helt sentral i en rekke vitenskaper, først og fremst naturvitenskapene, men også i informasjonsteori, i historie, økonomi etc. etc.

Alle fagplaner i skolen anstrenger seg til det ytterste for ikke å nevne begrepet entropi. Ei heller indirekte, noe en med hell kan gjøre. Faktum er at «entropiloven» i formen:

I alle prosesser går orden over i uorden.

er meget nyttig! Energibevaring er vanskelig å demonstrere, at orden går over i uorden er enkelt!

I denne forbindelse er det videre logisk å innføre begrepet reversibilitet. 2. lov sier egentlig at alle prosesser er irreversible. Bruk av energi, eller omforming av energi fra en form til en annen, er alle eksempler på «prosesser». Analyserer vi disse, ser vi at prosesser kan være «mer eller mindre» reversible, d.v.s, vi kan finne prosesser som praktisk talt er reversible, og prosesser som er nesten irreversible. I det følgende skal vi finne slike eksempler. Samtidig ser vi at jo mer reversible energiomvandlingsprosessene er, jo mindre har vi i virkeligheten forbrukt av en energiressurs. Erwin Schrødinger, (han med ligningen) sier i boken «What is life?» (1944): *We feed on negentropy,* dvs. vi forbruker entropi. Dette leder oss rett inn i begrepene høyverdig og lavverdig energi, som jo også er beæret med plass i fagplanens stikkordliste. Vi forbruker ikke energi, vi forbruker høyverdig energi. I energisammenheng kan vi derfor formulere 2. lov slik:

Ved alle energiomvandlingsprosesser går høyverdig energi over til lavverdig energi.

5. Orden - exergi og anergi

Som nevnt er entropi et mål for uorden. I vår sammenheng kan vi si at høyverdig energi er knyttet til et system med lav entropi, eller høg orden.

Entropibegrepet er et kvantitativt mål for orden. I varmelæren (Clausius) er entropiforandring i et system definert som den varmemengde som tilføres systemet dividert på temperaturen (i K):

$$\Delta S = \Delta Q/T$$

Boltzmann viste at dette er ekvivalent med funksjonen:

$$\Delta S = \Delta[- k \sum_i f_i \ell n f_i]$$

der k er Boltzmanns konstant, og f er sannsynligheten for å finne systemet i tilstanden i.

Er systemet i en usannsynlig tilstand, er entropien lav. Vi kan da si at systemet har høg orden. Alternativt kan vi si at tilstander der systemets enkeldeler (på mikroskopisk, eller atomært nivå) kan beskrives med få parametre, har en høg orden.

For eksempel: Et stivt legeme (en bil) i fart. Bilens energi kan tilordnes den kollektive, rettlinjede bevegelse av alle molekyler.

En strukket fjær. Energien er assosiert med en lineær forskyvning av alle molekyler.

Et hevet lodd. Energien er assosiert med tyngdekraften, og den vei denne (eventuelt) kan virke.

Ferskvann i en innsjø i fjellet. Uten ytre inngripen (av oss eller sola) er den mest sannsynlige tilstand for alle vannmolekyler et sted i verdenshavene, blandet med salt.

Lav orden: Et system i termodynamisk likevekt med omgivelsene. F.eks. et gitt avsnitt av luftmolekyler i atmosfæren. Disse kan ikke utskilles (identifiseres) fra de øvrige molekyler i lufta.

Ut fra disse og liknende eksempler kan vi definere to ekstreme energiformer, den ene, kalt *exergi* assosiert med høg orden, og den andre, *anergi,* assosiert med lav orden. En energiressurs vil derfor alltid være en blanding av disse to energiformene som vi definerer på følgende måte:

Exergi er energi som kan omvandles fullstendig til alle andre energiformer.

Anergi er energi som ikke kan omvandles til exergi.

En prosess der ren exergi omvandles til ren exergi er derfor reversibel. Dette er et grensetilfelle som aldri oppnås i praksis.

6. Analyse av energiomforming

Med hjelp av disse begreper, exergi, anergi, reversibilitet og orden, kan vi nå analysere energiomvandling og energibruk i praksis, og se hvor flinke vi er

til å bevare exergien. Skal vi gjøre slike analyser kvantitativt, er det nødvendig å regne ut exergiinnholdet i en energiressurs. Dette kan være komplisert, men i skolesammenheng kommer vi langt med kvalitative betraktninger.

I slike analyser må vi se om omvandlingen er reversibel i mer eller mindre grad, i prinsippet. F.eks. er overføringen av kinetisk energi i en foss til rotasjonsenergi i et vannhjul nesten fullstendig reversibel, fordi vi kan koble inn en pumpe, drive hjulet på annen måte, og pumpe vannet den andre veien.

Bremser vi ned en bil, går bevegelsesenergien (ren exergi!!) over til varme i bremser, hjul og asfalt. Noe av denne varme kan vi omvandle igjen til bevegelse (dog begrenset av Carnotvirkningsgraden). Imidlertid kan vi tenke oss et bremsesystem som gjør nedbremsing av bil reversibel i vesentlig større grad, f.eks. svinghjulsbremser e.l. Merk derfor at
Større grad av reversibilitet i de aller fleste tilfeller krever ny teknologi.

Den exergimengden som prinsippielt er nødvendig for å utføre en gitt oppgave, er gitt ved å analysere sluttilstandens exergiinnhold. F.eks. oppvarmet luft i et rom (i forhold til lufta ute) inneholder så mye exergi som vi kan trekke ut av den ved hjelp av en carnotvarmekraftmaskin som opererer mellom innelufta og utelufta. Denne exergimengden er f.eks. den elektriske energi (ren exergi) vi egentlig trenger for oppvarmingen. Regn ut hvor mye det er i forhold til det som vanligvis brukes!! Her finnes allerede den forbedrede teknologi, nemlig varmepumpe.

GRENSESJIKT (BOUNDARY LAYER) OG FLYVNING

Når et fly beveger seg gjennom atmosfæren, er det omgitt av en luftfilm som det må trekke med seg. (En ubåt som beveger seg i undervannsstilling omgis tilsvarende av en film med vann). Ved store hastigheter blir friksjonen pga. luftens viskositet et problem.

Prandtl viste at viskositetsvirkningen var begrenset til et tynt sjikt på overflaten av det legemet som beveget seg. På selve overflaten bevirker friksjonskreftene at gassen fester seg til legemet og beveger seg med dette. Med andre ord den relative hastighet mellom gass og overflate blir null. Fjerner man seg fra overflaten blir det en økende forskjell i relativ hastighet for gass og legeme.

En tilsvarende effekt av den man ville få om man la en tykk bok eller en papirbunke på et bord og forsøkte å skyve den horisontalt bortover. Bladet nærmest bordet ville ikke bevege seg. Men de over vil bevege seg i forhold til hverandre. Og jo større avstand fra bordet desto mere beveger bladene seg.

Prandtl greidde å vise at denne relative bevegelses gradient for et legeme og en gass i bevegelse var begrenset til et snevert område som han kalte *grensesjiktet*. Utenfor dette sjiktet beveget gassen seg uten å bli påvirket av friksjon. I selve sjiktet er der en økende hastighetsforskjell mellom objektet og gass om man regner fra overflaten og utover til sjiktets ytre begrensning.

For tilfellet fly - luft er som regel grensesjiktet mindre enn 2,5 cm, og bare sjelden 10-12 cm. Når aerodynamikere skal studere viskositet og drag, kan de begrense seg til det området.

Grensesjiktet kan studeres med en rekke Pitot-rør. (Oppfunnet av franskmannen Henri Pitot). Ved å måle hastigheter i sjiktet, får man informasjoner til å beregne tykkelse og utstrekning.

Grensesjiktet har meget å si for «stalling» og landingshastighet. Grensesjiktet blir tykkere og tykkere jo lengre bakover på vingen man kommer. Det kan bli så tykt at det leder hovedstrømningen av luft bort fra overflaten. Dersom strømningen ledes bort fra en stor del av vingene, vil de miste sitt løft og resultatet blir steiling (stalling, separation of flow).

Når man da vet at et fly ikke kan bevege seg med hastighet mindre enn stalling-hastigheten, er det klart at grensesjiktet bestemmer den nedre hastighetsgrense for flyet.

(For helikoptre er det «separation of flow» som bestemmer *maksimums*-hastigheten. Luftstrømmen over rotorens blader, er nesten analog med strømningen over en flyving, og rotoren er på tilsvarende måte gjenstand for «flow separation» og «stalling». Når helikopteret flyr fremover, blir hastigheten av luften over det rotorblad som beveger seg tilbake minsket. Flyet går jo samtidig fremover. Dersom hastigheten fremover er stor nok, risikerer man at luftens hastighet over rotorbladet som beveger seg bakover, minsker til «Stalling»-hastighet. Rotoren greier da ikke å løfte helikopteret. Her er det da separasjonen som er frebrakt av grensesjiktet som setter en øvre grense for flyhastigheten).

Studiet av grensesjiktet for en rekke forskjellige overflater, har gitt et veld av informasjoner som igjen har ført til at man kan eliminere separasjonen eller i det minste utsette den.

Friksjon pga. grensesjiktet gir et stort bidrag til drag. Drag som skyldes friksjon er i alminnelighet lett å beregne dersom luftstrømningen er *laminær*. (At strømningen er laminær vil si at luftlagene med forskjellig hastighet i grensesjiktet glir forbi hverandre uten forstyrrelser). Beregningen er vanskelig om grensesjiktet er turbulent.

Den britiske fysikeren Reynold var den første som sjeldnet mellom laminær og turbulent strømning. Han viste at den ene form for strømning lett går over i den andre (f.eks. røyken fra en sigarett. Den stiger først opp et stykke og ligner på en jevn sammenhengende tråd. Så begynner tråden og svinge frem og tilbake og ender til slutt i turbulens).

Overgangen til turbulent strømning fremkommer ofte i et grensesjikt når luften har beveget seg et godt stykke over flaten. Den jevne strømningen går over til turbulens selv om luftstrømningen utenfor grensesjiktet fortsatt er laminær. I laminær strømning overføres friksjonen fra lag til lag bare i molekylar målestokk. Men når strømningen blir turbulent øker friksjonskreftene voldsomt fordi man nå i tillegg får motstand ved at strømninger med forskjellige hastigheter blandes med påfølgende forandringer i bevegelsesmengder.

(Eksempel: Den friksjon som fremkommer ved at en lastebil kjører så nærme et lager at den skraper langs veggen, har meget til felles med friksjonen i laminær strømning. Hvis det samtidig med at bilen glir langs veggen blir kastet pakker fra bilen og inn i lageret og fra lageret og på lasteplanet, har friksjonen meget til felles med turbulent strømning).

Skal man derfor redusere draget, må man søke å bibeholde laminær strømning over flyvingen.

To av Prandtls studenter, Tollmien og Schlichting fant teoretisk at grensesjiktet kunne forstørre små forstyrrelser. Ved en viss tykkelse og strømningshastighet virker grensesjiktet som en «fjær». En liten impuls som kan være frembragt av en liten virvel i strømningen eller av en liten ujevnhet på overflaten, kan påvirke «fjæren» med dens egenfrekvens. Grensesjiktet begynner da og svinge, og resultatet blir at den jevne strømning går over til turbulens. Svingningene kalles *«Tollmien - Schlichting»* bølger. Det gjelder altså å gjøre flyets overflate glatt og fri for en hver ujevnhet. For å hindre at grensesjiktet blir for tykt, gjøres alle deler av flyet strømlinjeformet. Og alle «ujevnheter» som landingshjul etc. trekkes inn i flyet under flukt.

Kravene til større topphastighet og mindre landingshastighet har gjort problemene i forbindelse med grensesjiktet større og større. Et av problemene er å minske energitap pga. friksjon i grensesjiktet. Dersom grensesjiktet kan holdes stabilt vil det dempe en hver forstyrrelse istedet for å forsterke den, og derved blir strømningen fortsatt laminær. Lager man overflaten porøs kan luften som bremses ned bli blåst bort av luft fra det indre av vingen. Dette vil begrense grensesjiktets tykkelse. Dette øker lift og reduserer landingshastigheten.

K.J.K.

Bøker

Isaac Asimov: Halleys komet. Dreyer 1985 (126s.)kr. 96,-.

Et pliktløp uten inspirasjon

Forfatteren Isaac Asimov er ganske enestående i sin evne til å masseprodusere science fiction og populærvitenskap. Han har et eget grep på å forklare det vesentlige ved vanskelig fysikk uten å ty til matematiske abstraksjoner. Det er derfor med stor forventning en tar fatt på den boka han har skrevet om Halleys komet, som nå vender tilbake etter 76 års fravær.

Dessverre synes jeg ikke at Asimov har lykkes denne gangen. Det er noe forunderlig tamt og humørløst ved denne vesle boka. Jeg finner ikke igjen den opplagte Asimov som skrev med et glimt i øyet og forklarte fysikk mens han lo litt innimellom. Riktignok er det et skikkelig stykke arbeid, men altså heller ikke mer. Det mangler det ekstra spenstige som i litteraturen skiller kunst fra håndtverk.

Asimov har stort sett organisert stoffet ved å ta for seg kometenes historie i kronologisk rekkefølge, og dveler selvsagt ekstra ved Halleys komet. Men det blir gjerne oppramsing med knappe og konsise setninger. Jeg tror fremstillingen hadde tjent på om Asimov hadde ofret litt mer plass på hvordan samfunnsforholdene var når de forskjellige kometene kom til syne og ble tolket som varsler om død og ulykke for Jørgen hattemaker, men især for kong Salomo. Personene som Asimov skriver om, ville vært mer interessante og levende hvis de var mer enn intetsigende navn.

I det siste kapitlet slipper forfatteren seg mer løs og her forklarer han hvorfor kometer vikelig *kan* være farlige. For et sammenstøt mellom jorden og en kometkjerne kan hvirvle så mye støv opp i atmosfæren at sollyset blir blokkert for lange tider. Muligens døde dinosaurene ut for 65 millioner år siden etter et sammenstøt mellom jorden og en stor asteroide. Og ting i tiden tyder dessverre på at menneskeheten snart ville følge etter i kjempeøglenes fotefar. Men den kommende kjernefysiske vinter må såkalte ansvarlige statsmenn selv ta skylden for.

Henning Knutsen

J. Van Bladel: Relativity and Engineering. Springer Series in Electrophysics, vol. 15, 1984. 402 sider.

Mitt førsteinntrykk da jeg fikk boka i hende var: Dette må da være et meget nyttig verk. Boka kombinerer tradisjonelt sett ganske adskilte fagområder som teoretisk fysikk og praktisk elektromagnetisme på en måte som er ganske uvanlig. Og førsteinntrykket er blitt forsterket etter hvert som jeg har lært boka nærmere å kjenne. For fysikere finnes det som kjent en rekke gode lærebøker innen grunnleggende relativitetsteori, både spesiell teori og generell teori. Slike framstillinger behandler de klassiske eksperimenter som har hatt betydning for utviklingen av relativitetsteorien, slik som Michelson-Morley eksperimentet. Men noen fordypning i problemer som er av interesse fra et ingeniørsynspunkt finner en jo ikke i denne type framstillinger. De praktiske anvendelsene finner en for det meste i elektroteknisk tidsskriftlitteratur, slik som Proc. IEEE og tilsvarende tidsskrifter, som er kilder fysikere sjelden søker til. Et faktum er at elektroingeniører ofte arbeider med problemer som foruten å være praktisk viktige også er av betydelig interesse fra et mer fundamentalt synspunkt. Van Bladel, som er professor ved Laboratorium voor Elektromagnetisme en Acustica ved universitetet i Gent, skulle ha alle forutsetninger for å kombinere fysikerens og elektroingeniørens synsmåter.

Boka er grovt sett delt i to. Første del behandler elektromagnetiske problemer hvor spesiell relativitetsteori er tilstrekkelig. Siste del behandler akselerasjon, i særdeleshet rotasjon. Boka diskuterer et mylder av problemer, f.eks.

- forholdene omkring raketter akselerert opp til relativistiske hastigheter
- gravitasjonens innvirkning på nøyaktige tidsmålinger
- virkemåten av optiske sensorer for rotasjon
- beregning av Doppler-spektret produsert av en antenne eller spreder i bevegelse
- generering av mm bølger ved hjelp av Cherenkoveffekt
- innflytelse fra plasma i bevegelse på transmisjon av elektromagnetiske bølger.

Boka inneholder foruten anvendelser også en del grunnleggende stoff om elektromagnetisme og relativitetsteori. Men bokas styrke ligger ikke på det felt. Leseren bør etter mitt skjønn ha grunnlagskunnskapen innabords på forhånd. Det vil si noen

år på universitetsnivå. Framstillingen er tildels kortfattet. F.eks. er Fermi-Walker transport, og hovedsakelig også Sagnac-effekten, behandlet i form av oppgaver. Et verdifullt pluss ved boka er at i de tilfelle hvor framstillingen er knapp, er det gitt presis henvisning til detaljert, og ofte ganske ny, spesiallitteratur.

Jeg skulle tro at Van Bladels bok på grunn av sin egenartede «praktiske» målsetting vil fortjene en plass som et verdifullt supplement til de mer fundamentale framstillinger som en kan finne f.eks. i Strattons eller Landau-Lifshitz' velkjente bøker. Det ligger nær å avslutte med en oppfordring: Fysikere bør ikke neglisjere problemer som er praktisk viktige!

Iver Brevik

Heinrich Saller: Vereinheitlichte Feldtheorien der Elementarteilchen. Springer Verlag. Lecture Notes in Physics. Vol. 223. 1985. 157 sider, uinnbundet DM 23.-.

I de siste 20 år har det vært en rivende utvikling innenfor området kvantefeltteori. En har hatt håp om snarlig å finne en teori som kunne forene alle krefter mellom elementærpartikler og som kunne forklare alle fenomener i mikroverdenen. Det endelige gjennombruddet har latt vente på seg, men store triumfer er blitt feiret, som GSW-modellen, og mange nye prinsipper og teknikker er blitt tilført teoretisk fysikk.

Sallers bok er bygget på forelesninger over forente feltteorier som han har gitt for spesialiserte studenter i partikkelfysikk, og det forutsettes forkunnskaper i feltteori som f.eks. QED og gruppeteori. En vil ikke finne omtale av eksperimenter eller beregninger av prosesser, men Saller konsentrerer seg om de sentrale punktene innenfor ikke-Abelske justerteorier og symmetribrytende kondensasjoner. Han demonstrerer flere eksempler, både ved enkle symmetrigrupper som U(1) og SU(2), og standardmodellen SU(3)xSU(2)xU(1), og mindre kjente modeller som SU(2)xSU(2)xU(1) og SU(2)xSU(2)xSU(4). Han har også med GUT, med standard Georgi-Glashow SU(5), og litt omtale av de største gruppene SO(10) og E6. Supersymmetrier er ikke nevnt.

Boken er velskrevet og skulle være meget nyttig for en student med passende bakgrunn som ønsker en introduksjon til emnet. Språket er tysk. Kanskje virker ikke boken helt ajour til å være utgitt i 1985.

Kjell Mork

Superstrings. The first 15 years of superstrings. Vol. I og II. Edited by J. H. Schwarz. World Scientific, Singapore 1985. 1141 sider, uinnbundet.

Utviklingen innenfor superstrenger er kanskje det som har vakt aller størst oppmerksomhet innenfor partikkelfysikken i det siste året. Her kan en håpe å finne «teorien for alt», uten ubehagelige divergenser eller anomalier, uten ubestemte dimensjonsløse parametre, inklusive alle typer krefter og kanskje med realistiske partikkelspektra. Ennå er dette mye håp, men situasjonen er meget spennende.

Superstrenger er teoretisk fysikk på sitt mest eksotiske, og inneholder de fleste fasjonable moderne ideer som supergravitasjon, GUT og ekstra romdimensjoner. Dessuten benyttes avansert matematikk, særlig innefor algebraisk geometri.

I de foreliggende to bind er samlet en rekke sentrale artikler i utviklingen av superstrenger. Alle har tidligere vært publisert, enten som originalbidrag eller oversiktsartikler. Schwartz har selv vært en av de viktigste bidragsyterne til teorien, og garanterer for at utvalget er det beste. Han har også skrevet gode forord til hvert av de 13 kapitlene. Bøkenes aktualitet defineres av at siste artikkel er fra april 1985.

Kjell Mork

5th. Topical Workshop on Proton-Antiproton Collider Physics. Edited by M. Greco. John Wiley & Sons (Scientific Publ. Co) 1985. 852 sider innbudent, pris £ 67.55.

I februar 1985 ble det i Aosta-dalen avholdt en workshop. Det primære formål var å diskutere de siste resultater fra CERN, men også eksperimenter ved Fermilabs Tevatron, mulighetene for ny innsikt fra fremtidige maskiner som LEP, SLC og SSC ble drøftet.

Foredragene er samlet i den foreliggende bok som på sine 852 sider inneholder en mengde vel anrettet informasjon. Det meste av denne er naturligvis nå også gjort kjent via andre kanaler.

Kjell Mork

Proceedings of the Yukon Advanced Study Institute Ed. N. Isgur, G. Karl og P. J. O'Donnel, World Scientific 1985.

Ja, det er same Yukon som i Jack London og Helge Ingstads bøker. Men her er det ikkje forteljingar om kvitrev og gull men om kvarkstrukturen av materien slik han var kjent i august 1984.

Det er nok ingen tvil om at dei som var på denne konferansen hadde stort utbytte av den, men som tilfellet ofte er så er det mange ting i konferanserapporten som ikkje er så aktuelt eit år etter. Likevel er det to artiklar som gjer boka verd å ha i bokylla: Dieter Gromes artikkel om baryon og John Ellis artikkel om supersymmetri. Dei fleste andre artiklane er så summariske at det er langt lettare å gå til artiklane same forfattarane har i tidskrift enn dei som står i boka.

Hallstein Høgåsen

– Nå min dreng, lærte I så noget spændende i fysiktimen i dag?

CORRIGENDA

On p. 35, the second sentence of the first paragraph should read: Witness the string of papers on the so-called Stirling formula and its variants[12] or the frequent rehashing of Franck-Condon integrals.[13,14]

On p. 37, the last sentence of the first paragraph should be deleted. The following paragraph should follow the first:-

Of course, a blunder of this magnitude could not escape exposure. In 1710, Johann Bernoulli called Newton's logic into question and proved that A implies B. But none of us speaks of a Newton-Bernoulli theorem!

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim - NTH.

Norsk Fysisk Selskap

STYRE:
Formann: Professor E. Osnes, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo
Vise-formann: Professor R. S. Sigmond, NTH, Trondheim
Styremedlemmer:
Førsteamanuensis O. Havnes, Universitetet i Tromsø
Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo
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:
Førsteamanuensis Knut Jostein Knutsen
Granlivn. 24, Ugla, 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

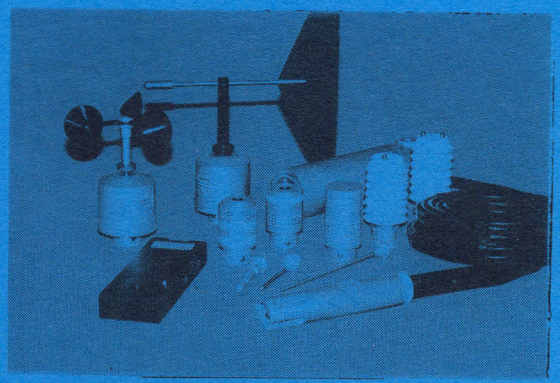
Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 70,-. Årsabonnement for studenter og skoleelever kr. 35,-.

Sekretær:
Gudrun Græsmann.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk Institutt, Universitetet i Trondheim, AVH
7055 Dragvoll

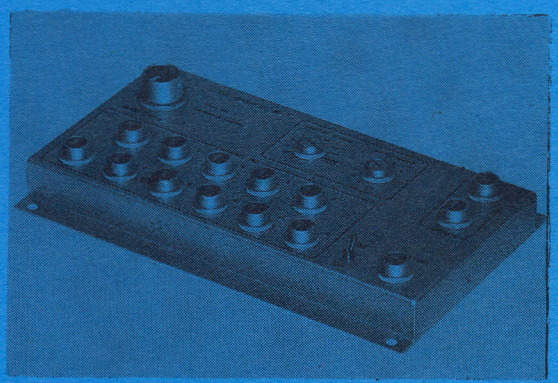
Postgirokonto: 5 10 47 24
Bankgirokonto: 8601.36.12279
Tlf. (07) 92 04 11, linje 134

Automatiske målinger av miljödata



STANDARDISERTE SENSORER for:

vindstyrke og -retning
lufttrykk
lufttemperatur
solstråling
relativ fuktighet
vannivå
regnfall
konduktivitet i væsker



SENSOR PLUG-IN BOARD 3010:
En kompakt, vanntett enhet som leser et sett Aanderaa-sensorer og gir ut data i 10-bits Aanderaa-kode og som ASCII-kodete RS 232 signaler.

AANDERAA INSTRUMENTS
DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

FANAVEIEN 13 B
P.O. BOX 160
5051 BERGEN, NORWAY
TEL.: (05) 13 25 00
TELEX 40049

OSEANOGRAFISKE OG METEOROLOGISKE MÅLEINSTRUMENTER

Offset-Sats a/s
Trondheim