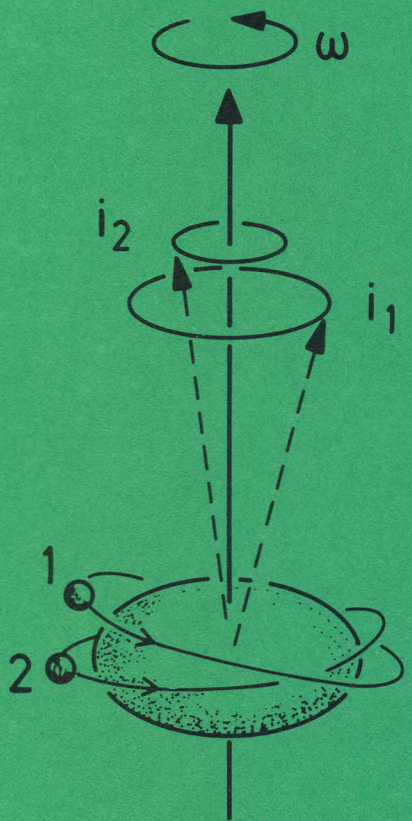
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP



Roterende atomkjerner
(se side 64)

INNHOLD

Haakon Brækken in memoriam	49
Fra redaktørene	49
Professor Sørum trer tilbake	50
E.J. Samuelsen ny professor	50
Årsmelding NFS 1981-92	51
Årsmøtet NFS 1982	54
Norsk Datas Fysikkpris 1982	55
Litt om vindenergi	56
Nye medlemmer	59
Jean Piagets teorier	60
Roterende atomkjerner	64
Oppgave-løsning	67
Naturlovene i mikrokosmos: Sanning og spekulasjon	68
Årsrapporter fra faglige grupper	71

Nr. 3 - 1982
44. årgang
ISSN-0015-9247

Institutt for energiteknikk

KURSSENTERET

KURS I DATABEHANDLING HØSTEN 1982

20/9 -24/9	Innføring i EDB-II
27/9 -15/10	COBOL I
18/10-29/10	COBOL II
11/11-12/11	Filbehandling
15/11-19/11	Videregående FORTRAN

Kursprogram for våren vil komme i neste nummer av Fra Fysikkens Verden.

Nærmere opplysninger
Kurssekretær Gerd Jarrett
Den nederlandsk-norske reaktorskolen
Institutt for energiteknikk
Boks 40, 2007 Kjeller **Telefon (02) 71 25 60**

TAPIR'S MINIBØKER

En lettlest bok med en ny „vri"
128 sider kr. 42,-

En gjennomarbeidet populær fremstilling uten bruk av en bråte fremmedord.

128 sider kr. 42,-

TAPIR
7079 FLATÅSEN
TELEFON 075 / 82522

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 3 - 1982

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

44. årgang
ISSN-0015-9247

Haakon Brækken in memoriam

En fargerik personlighet i vårt teknisk-vitenskapelige miljø, dosent Haakon *Brækken*, NTH, er gått bort i en alder av 80 år.

Haakon Brækken var nordmøring, oppvokst i Kristiansund. Etter artium arbeidet han et par år som lærer ved en privat middelskole. I løpet av denne tiden ble han klar over at teknisk fysikk måtte bli hans arbeidsområde. Et slikt studium hadde vi den gang ikke her i landet, og Brækken dro til München for å studere ved den tekniske høyskolen der. Valutasituasjonen tvang ham allerede etter ett år tilbake til Norge hvor han valgte å studere ved kjemiavdelingen, NTH. Her tok han første avdelings eksamen. Han kom imidlertid ikke til å fullføre studiet, men ble allikevel sterkt engasjert i virksomheten ved Fysisk Institutt hvor han bl.a. bygget opp et røntgenlaboratorium for strukturundersøkelser, et laboratorium som i sin tid lå i fremste linje i verden.

Brækken ble imidlertid fort ført over på et nytt arbeidsområde da det i 1930 ble bevilget penger til et stipendium for studier i USA av geofysisk malmleting. Brækken fikk stipendiet og oppholdt seg 8 måneder i USA.

Etter hjemkomsten tok han for annen gang fatt på å bygge opp noe nytt helt fra grunnen. Institusjonen Geofysisk Malmleting startet beskjedent i Fysisk Institutts lokaler på Gløshaugen. Etter krigen erverver institusjonen arealer som gjorde det mulig å gi plass for Norges Geologiske Undersøkelser og Råstofflaboratoriet ved disses overflytting til Trondheim.

Som direktør for Geofysisk malmleting fra 1937 utfoldet Brækken seg både som leder av institusjonen og som fagmann. Visse uoverensstemmelser førte til at han i 1962 forlot den institusjon han selv hadde bygget opp fra ingenting. Brækken kom nå tilbake til utgangspunktet, Fysisk Institutt, NTH, som forsker og dosent.

Brækken har i alle år vist en levende interesse for NTHs ve og vel. I årene umiddelbart etter krigen var det sterke krefter i det sydlige Norge som nokså åpent gikk inn for å redusere institusjonens betydning som sentrum for teknisk-vitenskapelig forskning.

Det ble satt inn motangrep, og den ivrigste støttespiller var Haakon Brækken. Resultatet ble bl.a. opprettelsen av SINTEF. Uten Brækkens vedholdende innsats er det tvilsomt om dette prosjekt var blitt realisert i en funksjonsdyktig form.

Brækkens interesser spente over et vidt område, og overalt hvor han har engasjert seg, har han satt spor etter seg.

Han likte å gå sine egne veier og brukte gjerne ukonvensjonelle metoder. Dette kan gi mange positive resultater, men kan også føre til konfliktsituasjoner. Brækken fikk erfare begge deler.

Hans samlede innsats var av uvanlige dimensjoner, og vi vil langt inn i fremtiden kunne høste fruktene av han arbeid.

Njål Hole

Fra redaktørene

I hefte 2 av FFV skrev fire fysikk-studenter ved NTH en artikkel med titel «Fysikk uten pedagogikk?». Det burde vel dessverre også ha vært skrevet en artikkel med titel «Pedagogikk uten fysikk?». Antallet av lærere med relevant fysikkutdannelse i ungdomsskolen er nemlig meget lavt og er stadig synkende. Vi stiller gjerne spalteplass til disposisjon for dem som ønsker å belyse dette problemet ytterligere.

Vi ser også med en viss bekymring på at norske pedagoger fortsatt satser på *integrert* undervisning og ikke som sine kollegaer i utlandet går inn for såkalt *koordinert* undervisning. Med koordinert undervisning menes at lærerne i de forskjellige fag samarbeider slik at det benyttes samme nomenklatur, samme symboler for samme størrelser etc. Fenomenet osmose blir f.eks. diskutert i fysikk såvel som i biologi, men det undervises av to forskjellige faglærere som samarbeider om fremstillingsmåten, betegnelser m.m. Det må vel være bedre at man underviser i et fag som man kan enn i tre fag som man kanskje ikke kan?

Professor Sørum trekker seg tilbake

Professor Harald Sørum har etter oppnådd aldersgrense 1. juni 1982 trukket seg tilbake fra sin stilling ved NTH.

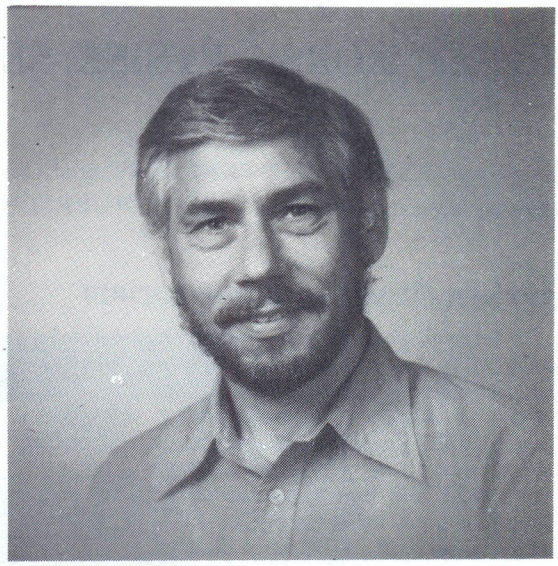
Harald Sørum er født i Modum 5. mai 1915. Han tok sivilingeniøreksamen ved NTH's kjemiavdeling i 1941, og tok den tekniske doktorgrad i 1952. Avbrutt av et studieopphold ved Cavendish Laboratory i Cambridge 1947-49 arbeidet han som vitenskapelig assistent og stipendiat ved NTH 1941-53. Etter tre år ved Forsvarets Forskningsinstitutt ble han i 1956 utnevnt til dosent i røntgenteknikk ved NTH. I 1966 ble han professor i eksperimentalfysikk, og i 1967 professor i røntgenteknikk.

Professor Sørum har nedlagt et stort arbeid for fysikkmiljøet i Trondheim, både som lærer, forsker og administrator. Undervisningen i strukturfysikk ved NTH har han bygget opp fra grunnen av, og hans store krystallografiske innsikt har kommet en lang rekke studenter og medarbeidere til gode. Han har gitt forskningsbidrag innen så forskjellige emner som strukturanalyse, metalldiffusjon og røntgenspektroskopi, og ikke minst hans arbeider med et egenutviklet røntgenspektrometer i de aller seneste år har vakt internasjonal interesse.

Sørums høflighet og dannelse i ordets egentlige betydning, hans evne til å lytte til andres meninger og hans omtanke for sine medarbeidere har gjort ham mer enn vanlig avholdt blant dem han har arbeidet sammen med. Når han nå forlater oss for å nyte sitt otium i et mer vennligsinnet klima enn det trønderske, vil vi derfor ønske ham mange gode år.

Bård Tøtdal.

Emil J. Samuelsen ny professor i fysikk ved NTH



Dr.philos. Emil J. Samuelsen er utnemnd til ny professor i fysikk med fagområde røntgenteknikk ved Fysikkseksjonen NTH. Han tek over etter professor Harald Sørum som nyleg gjekk av ved oppnådd aldersgrense.

Samuelsen er fødd i Lyngen i 1937, og er utdanna siv.ing. ved Kjemiavdelinga, NTH 1960, og tok graden dr.philos. ved Universitetet i Oslo i 1971. Han har vore tilsett som forskar ved Institutt for Atomenergi, Kjeller, fram til 1976, og deretter som dosent ved Institutt for Almen fysikk, NTH. Han har hatt forskningsperiodar i Nederland og USA. Samuelsens vitskaplege innsats spenner over eit vidt felt av fast-stoff fysikk, magnetiske strukturar, spinnbølgjer, kritiske fenomen og strukturelle faseovergangar, ved bruk av nøytron-spreiing. I dei seinare åra har han bygd opp eit laboratorium for Raman-spektroskopi ved NTH. Hans vidare planar omfattar bruk av røntgen- og synkrotronstråling i studiet av fast-stoff strukturar.

Kristian Fossheim.

HUSK
KONTINGENTEN

Årsmelding for Norsk Fysisk Selskap 1981-82

Årsmeldingen omfatter tiden mellom årsmøtene 23. juni 1981 og 15 juni 1982.

ORGANISASJONSFORHOLD

Styret har bestått av:
Dosent Eivind Osnes, formann
Dosent Reidar Svein Sigmond, viseformann
Førsteamanuensis Noralv Bjørnå
Førsteamanuensis Torgeir Engeland
Førsteamanuensis Kårmund Myklebost

med varamenn:
Professor Alv Egeland
Forsker (NAVF) Anne Grete Frodesen
Førsteamanuensis Kjell Henriksen
Dosent Hallstein Høgåsen
Førsteamanuensis Jørgen Løvseth

Selskapets sekretær er Gerd Jarrett. Medlemstallet pr. 1.05.1982 er 606 personlige medlemmer og 19 studentmedlemmer. T. Riste og S. Westin er æresmedlemmer. Selskapet har 7 kollektive medlemmer. Disse er:
Det norske Veritas
A/S Elektisk Bureau
Elkem-Spigerverket A/S
A/S Hafslund
A/S Norcem
Norsk Hydro a.s
Aanderaa Instruments

Årskontingenten er for 1982 kr. 100,- for personlige medlemmer, studenter betaler kr. 50,-. Tilskuddet fra de kollektive medlemmer var i alt på kr. 6.500,- i 1981. Regnskapet for 1981 er gjort opp med et underskudd på kr. 9.842,66, men selskapets økonomi må likevel sies å være god. Det er imidlertid behov for å øke inntektene, bl.a. for å kunne gi økt støtte til faggruppenes virksomhet. Dette kan bl.a. skje ved å øke medlemstallet, og styret appellerer til medlemmene om å hjelpe til med dette. En vil også oppfordre medlemmene til å innbetale kontingenten i tide. Sekretariatet må hvert år stryke en rekke medlemmer som har unnlatt å betale kontingent de siste to-tre år. Antallet kollektive medlemmer er redusert med to siden 1980, og styret vil arbeide for å få flere kollektive medlemmer.

Styret har hatt fire møter i perioden. Disse har vært lagt til Kjeller, Bergen, Oslo og Stavanger.

FRA FYSIKKENS VERDEN

Norsk Fysisk Selskap utgir tidsskriftet Fra Fysikkens Verden, som kommer ut fire ganger i året og har et opplag på 1600.

Redaksjonen består av:
Redaktører:
Høgskolelektor Knut Jostein Knutsen
Førsteamanuensis Hans Kolbenstvedt

Redaksjonssekretær:
Laboratorieingeniør Halvard Torgersen.

Redaksjonskomite:
Førsteamanuensis Ove Bratteng
Førsteamanuensis Alf Halsteinslid
Førsteamanuensis Kjell Mork
Forsker Jan Myrheim
Forskningsstipendiat Svein Sjøberg
Forsker Steinsvoll

Sekretær for tidsskriftet er Gudrun Græsmann. Tidsskriftets økonomi synes å være stabil, men en er fortsatt avhengig av et større tilskudd fra NAVF. Regnskapet for 1981 viser et overskudd på kr. 7.472.19. Det er nødvendig å sikre tidsskriftets drift ved å opparbeide en kapital som kan dekke trykningsutgiftene for minst ett nummer. Styret har med interesse merket seg at tidsskriftets faglige nivå er tatt opp til diskusjon i nr. 1 for 1982.

FYSIKERMØTET

Fysikermøtet ble i 1981 holdt ved Universitetet i Trondheim/Norges Lærerhøgskole på Dragvoll i tiden 22.-24. juni og samlet 110 deltagere. Professor Haakon Olsen var formann i arrangementskomiteen. Møteprogrammet besto av 13 inviterte plenumsforedrag og 26 foredrag i parallellsesjoner. Dessuten ble det holdt en paneldebatt om fysikkens fremtid i Norge. Det ble arrangert omvisning på Musikkhistorisk Museum på Ringve, og festmiddagen ble holdt på Dragvoll. Professor Sverre Westin holdt festtalen.

Følgende plenumsforedrag ble holdt:
B. Wiik (Hamburg): Nyere utvikling innen partikkelfysikken.
H. Høgåsen (Oslo): Naturlovene i mikrokosmos: Sanning og spekulasjon.
T. Alstadheim (Asker) og P. Jerstad (Lillesand: Nye fagplaner i fysikk for den videregående skole.
H. Kjenes (Bergen): Norsk Fysikkråds skoleundersøkelse.
I. Hiis Helstrup (Bergen):Kommentarer til skoleundersøkelsen.
R. Epstein (København): Some recent developments in astrophysics.
K. Johnsen (Brookhaven): Isabelle-prosjektet ved Brookhaven.
H. Heier og J. Stamnes (Oslo): Bølger i brennpunktet.
B. Bolin (Stockholm): Förändringar av atmosfärens sammansettning och deras betydelse for jordens klimat.
J. Løvseth (Trondheim): Energiressurser.
T. Henriksen (Oslo): Utviklingstendenser i norsk fysikk.

Paneldebatten om fysikkens fremtid i Norge ble ledet av formannen. Deltagere var T. Amundsen (Oslo), T. Henriksen (Oslo), O. Holt (Tromsø), E.

Lillethun (Bergen), K. Mork (Trondheim) og T. Sikkeland (Trondheim).

Årsmøtet ble holdt 23. juni og er referert i Fra Fysikkens Verden 43 (1981) 49. Under årsmøtet ble Norsk Datas fagpris i partikkelfysikk for 1981 tildelt professor K. Johnsen for hans bidrag til elementærpartikkelfysikken på det teknologiske området. Simrads pris i elektro-optikk for 1981 ble tildelt forskerne H. Heier og J. Stamnes for deres arbeid med konstruksjon av linser. Etter mottagelsen av prisene holdt prisvinnerne foredrag over sine arbeider. En kort omtale av prisarbeidene er gitt i Fra Fysikkens Verden 43 (1981) 55.

Faggruppene.

Faggruppene har til oppgave å skape kontakt og stimulere forsknings- og undervisningsaktiviteten i Norge innen sine respektive fagområder. Dette kan skje gjennom organisasjon av møter og symposier og gjennom utveksling av forskere, lærere og studenter. Gruppene skal også holde kontakt med tilsvarende grupper i European Physical Society. De norske fagmiljøene i fysikk er imidlertid så små at samarbeidet innenfor de enkelte fagområder ofte skjer uformelt og spontant uten selskapets medvirkning. Styret har ikke noe ønske om å overorganisere norsk fysikk, men mener likevel at selskapets faggrupper er nødvendige og hensiktsmessige samarbeidsorganer. Gjennom sin tilknytning til selskapet har faggruppene en tjenlig plattform for sitt arbeid. Selskapet vil også etterhvert søke å gi økt økonomisk støtte til faggruppenes arbeid.

Styret foretok i 1981 nyregistrering av medlemskapet i faggruppene. Det er anledning til å være med i to grupper (mot fire tidligere), hvorav en skal være hovedgruppe. En håper at nyregistreringen kan gi grunnlag for fornyet aktivitet i gruppene. Det er tatt initiativ til dannelse av nye faggrupper i astrofysikk og i datafysikk og måleteknikk, og interimstyrer for disse er oppnevnt.

I tilknytning til de to siste års Fysikermøter har styret hatt kontaktmøter med formennene i faggruppene. Dessuten har det vært avsatt tid under Fysikermøtet til møter i faggruppene. Videre har faggruppene fått ansvaret for opplegget av parallellsesjonene under Fysikermøtet. Ved Fysikermøtene i årene fremover vil faggruppene etter tur få anledning til å presentere aktiviteten innenfor sine respektive fagområder i Norge. Ved årets møte blir norsk biofysikk presentert i en plenumssesjon. På anmodning fra styret har faggruppene foreslått kandidater til «associate editors» for Physica Scripta.

I samarbeid med gruppen for undervisning har styret avgitt uttalelse om forslaget til fagplan i fysikk for den videregående skole. For å stimulere interessen for fysikk blant skoleelever er gruppen for undervisning i ferd med å utarbeide et forslag om besøk av skoleelever ved de fysiske institutter ved våre universiteter. Gruppen for kjernefysikk har gjentatt sin søknad til Nordisk Kultursekretariat om støtte til et nordisk forskerkurs i kjernefysikk. Søknaden støttes av de fysiske selskaper i de nordiske land.

Styret har gitt økonomisk støtte til følgende faglige møter: Høstmøtet i akustikk, Trondheim 30.-31. okt. 1981, Nordisk symposium i plasma- og gassutladningsfysikk, Geilo 2.-5. febr. 1982 og Bergen Workshop in Nuclear Physics 22.-24. mars 1982.

Forøvrig vises det til årsrapportene fra de enkelte faggrupper.

Forholdet til de kollektive medlemmer.

Som kollektive medlemmer kan i følge statuttene tas opp bedrifter og institusjoner som gjennom selskapet gir bidrag til fremme av fysisk forskning. Selskapet mottar kontingent fra sine kollektive medlemmer, men har ellers liten kontakt med dem. Dette er en lite tilfredsstillende situasjon for selskapet, og antagelig også for våre kollektive medlemmer, i en tid da vekselvirkningen mellom forskning og industriell utvikling blir stadig sterkere. Styret har derfor overfor de kollektive medlemmer fremmet ønske om økt kontakt. Det burde f.eks. være mulig å styrke kontakten med våre kollektive medlemmer gjennom Fysikermøtene, der fysikkens forhold til industri, næringsliv og samfunn ofte tas opp til diskusjon. Videre kan selskapet formidle kontakt med grupper i andre land som arbeider med slike problemer. I 1981 var Svenska Fysikarsamfundets Fysikerdag viet industrien, og våre kollektive medlemmer ble da invitert til å delta. Våre kollektive medlemmer har også fått tilsendt rapporten fra et seminar arrangert av European Physical Society i 1981 om «The Career Outlook for Physicists in Europe». Innen EPS har komiteen for fysikk og industri under utarbeidelse en rapport om «Applications for Physics in European Countries». Endelig vil styret undersøke om de kollektive medlemmer er interessert i at det opprettes en faggruppe for fysikk og industri innen NFS.

For å lette kommunikasjonen med de kollektive medlemmer, har styret bedt den enkelte medlemsbedrift om å oppnevne en kontaktperson. Som nevnt ovenfor vil styret også arbeide for å få flere kollektive medlemmer.

Nordisk samarbeid.

De fysiske selskaper i de nordiske land holder kontakt gjennom et samarbeidsutvalg, der formennene møter. Samarbeidsutvalget hadde møter i København 18. aug. 1981 og 11. mai 1982. Utvalget har sammen med NORDITA stått for utgivelsen av en oversikt over forskningsinstitutter i fysikk og fysiske selskaper i de nordiske land. Oversikten vil bli sendt til de oppførte institusjoner og kan ellers fås ved henvendelse til selskapets sekretariat.

Samarbeidsutvalget vil undersøke mulighetene for å gi ut et nordisk informasjonsblad, som skal kunngjøre stipendmuligheter, konferanser, symposier, forskerkurs o.l. Bladet tenkes sendt til alle fysikkinstitusjoner og fysiske selskaper i de nordiske land.

Samarbeidsutvalget har også drøftet utviklingen av Physica Scripta, som siden 1976 har vært utgitt av videnskapsakademiene og de fysiske selskaper i de nordiske land. Den opprinnelige samarbeidsavtale utløp ved utgangen av 1981, og ny avtale er vedtatt for perioden 1982-87. Som norske styremedlemmer er oppnevnt Tormod Riste og Harald Wergeland, med Kjell Mork som varamedlem. Riste er medlem av arbeidsutvalget. Tidsskriftet har hatt en meget gunstig utvikling. I løpet av de siste tre år er antall utgitte sider pr. år (ca. 2000 sider i 1981) blitt tredoblet. For at tidsskriftet skal få en tilfredsstillende gjennomslagskraft, bør det ytterligere tredobles i omfang. Selskapets medlemmer kan bidra til dette ved å gjøre tidsskriftet kjent blant sine kolleger og ved å publisere en større andel av sine videnskapelige arbeider i tidsskriftet. Det bør understrekes at tidsskriftet er vesentlig rimeligere enn tidsskrifter utgitt på kommersielle forlag. Økt publisering i Physica Scripta vil derfor i det lange løp kunne bidra til reduserte tidsskriftsutgifter for våre forskningsinstitusjoner. Abonnerende institusjoner har dessuten rett til 150 gratis særtrykk av inntil tre antatte arbeider i tidsskriftet.

European Physical Society.

Kårmund Myklebost og formannen har vært selskapets representanter i rådet for EPS. Begge deltok ved rådsmøtene i Istanbul 6. sept. 1981 og i Geneve 1.-2. april 1982. Som ny representant i rådet etter Myklebost, hvis funksjonstid utløp ved siste rådsmøte, er valgt R. Svein Sigmond. Tormod Riste er innvalgt i rådet for en 3-års periode som representant for de individuelle medlemmer. Riste er også medlem av utvelgelseskomiteen for Hewlett-Packard prisen. Knut Jostein Knutsen er medlem av den rådgivende komite for undervisning og deltok i komiteens møte i Geneve 29.-30. mars 1982. Endre Lillethun er medlem av den rådgivende komite for fysikk og samfunn og deltok i komiteens møter i Istanbul 8. sept. 1981 og i Geneve 30. mars 1982. Egil Lillestøl er medlem av styret for EPS' gruppe for partikkelfysikk. Formannen deltok i et seminar om fysikkpublikasjoner i Europa, som ble arrangert av EPS og UNESCO i Paris 25. januar 1982.

Det er for tiden høy aktivitet i EPS. Konferansetilbudet er godt, og det nystartede tidsskriftet for pedagogisk orienterte artikler i fysikk, European Journal of Physics, er kommet godt i gang. Dessuten utgir EPS meldingsbladet Europhysics News som kommer med 11 nummer i året. EPS oppnevner også en EPS gjesteforeleser, som skal besøke forskjellige europeiske land. For 1982 er oppnevnt professor I.F. Silvera fra Amsterdam. Han besøkte Universitetet i Oslo 6.-8. mai.

Det synes å være økende interesse for EPS blant våre medlemmer. Styret sendte i 1981 ut en oppfordring til medlemmene i NFS om å tegne individuelle medlemskap i EPS, og Tormod Riste og formannen sendte i begynnelsen av 1982 en liknende henvendelse til 70-80 fysikere. Disse henvendelser har hittil resultert i 24 nye medlemmer. I alt er det nå 78 norske individuelle medlemmer i EPS. Ved EPS General Meeting i Istanbul 7.-12. sept. 1981 var det 15 norske deltagere. Olav Holt hadde invitert plenumsforedrag om «Ionospheric Research in the Auroral Regions».

Selskapets kontakt med EPS hindres fremdeles av økonomiske årsaker, og styret vil arbeide for å sikre reisestøtte til våre representanter.

International Union of Pure and Applied Physics.

Styret utgjør sammen med Sverre Westin fra Det norske Videnskaps-Akademi den norske nasjonalkomite for IUPAP. Westin deltok i IUPAPs 17. generalforsamling i Paris 31. aug.-3. sept. 1981. Per Chr. Hemmer trådte ut av IUPAPs kommisjon for termodynamikk og statistisk mekanikk etter ni års tjeneste, de siste seks år som kommisjonens sekretær. Justerdirektør Knut Birkeland ble valgt til medlem av kommisjonen for symboler, enheter, nomenklatur, atomære masser og fundamentale konstanter, mens Wilh. Løchstøer ble valgt til medlem av kommisjonen for akustikk.

Menneskerettigheter og akademisk frihet.

Styret har med hjemmel i selskapets retningslinjer for aksjoner mot brudd på menneskerettighetene sendt følgende brev: (1) Støtteerklæring til 5th International Conference on Collective Phenomena som skulle holdes i Moskva 20.-21. sept. 1981, men som ble avlyst på grunn av hindringer fra myndighetene. (2) Henstilling til presidenten for det sovjetrussiske vitenskapsakademi om å medvirke til at Andrei Sakharovs sultestreik kunne avsluttes. (3) Henstilling til presidenten for det sovjetrussiske vitenskapsakademi om å medvirke til at forvisningen av Andrei Sakharov opphører og at de sovjetrussiske «refusnik scientists» blir innvilget utreisetillatelse. (4) Henstilling til Argentinas president om informasjon om 17 navngitte forsvunne fysikere. (5) Henstilling til presidenten for det sovjetrussiske vitenskapsakademi om å gi utreisetillatelse til professor N. Meiman. Internasjonal oppmerksomhet er også rettet mot de tyrkiske myndigheters behandling av professor Yeter Göksu, men det har ennå ikke vært aktuelt for styret å rette noen henvendelse om saken til de tyrkiske myndigheter.

Flere av de ovennevnte henvendelser har vært koordinert med henvendelser fra fysiske selskaper og grupper av fysikere i andre land. Spesielt utveksler styret informasjon i slike saker med komiteene for akademisk frihet innen EPS og American Physical Society og med en gruppe franske fysikere.

Diverse.

Styret og sekretariatet har ved flere anledninger formidlet kontakt og opplysninger til selskaper, institusjoner og enkeltpersoner i inn- og utland. I forbindelse med Stortingets behandling av forslaget til statsbudsjett for 1982, der det var foreslått en budsjettreduksjon for Institutt for energiteknikk som satte fysikkavdelingen ved instituttet i fare, gjorde styret en henvendelse til Industrikomiteen, der avdelingens store betydning for norsk og internasjonal fysikk ble påpekt.

Blindern, juni 1982.

Eivind Osnes.

Norsk Fysisk Selskaps årsmøte

Norsk Fysisk Selskap hadde årsmøte i Stavanger 15.6.82 kl. 14.00. Formannen E. Osnes ønsket velkommen til møtet. Første del av møtet var viet utdelingen av Norsk Datas Fysikkpris. Det var femte gang denne prisen ble utdelt, og annen gang den ble gitt i kjernefysikk. Prisen som er på kr. 10.000,- ble i år tildelt førsteamanuensis Torgeir Engeland og professor John Rekstad. Utvelgelseskomiteen for årets pris har bestått av. Dir. R. Skår, Norsk Data, førstelektor I. Espe, førstelektor K. Kolltveit, førstelektor K. Myklebost og dosent A. Reitan.

Den høytidelige overrekkelse av prisen ble foretatt av avdelingsleder Egil Astad fra Norsk Datas kontor i Sandnes. Etter overrekkelsen holdt vinnerne sine prisforedrag. Nærmere omtale av prisarbeidet og prisforedragene vil bli gitt annen steds i tidsskriftet.

Etter en pause gikk man over til den forretningsmessige del av årsmøte.

Sakliste

1 Referat fra årsmøtet 1981 (se FFV nr. 3, 1981)
2 Årsmelding
3 Selskapets engasjement i menneskerettighetsspørsmål
4 Rapporter fra de faglige grupper
5 Rapport fra Norsk Fysikkråd
6 Fra Fysikkens Verden
7 Regnskap for 1981 for NFS og FFV
8 Budsjett for 1982 og 1983 for NFS og FFV
9 Valg:
  a) viseformann og 1 styremedlem
  b) revisorer og valgkomite, 2 varamenn
  c) Norsk Fysikkråd
10 Fysikermøtet 1983
11 Eventuelt.

Det var ingen bemerkninger til møteinnkallingen.

Pkt. 1

Referatet fra årsmøtet 1981 ble godkjent.

Pkt. 2

Årsmeldingen, som var lagt frem som møtepapir, vil bli gjengitt i FFV. Formannen gjennomgikk årsmeldingen avsnitt for avsnitt, unntagen avsnittene om menneskerettigheter, Fra Fysikken Verden og faggruppene, som var egne punkt på saklisten.

Under avsnittet om organisasjonsforhold gjentok formannen oppfordringen til medlemmene om å være aktive når det gjaldt å verve nye medlemmer. Ellers var det ingen kommentarer til avsnittet.

Styrets henvendelse til de kollektive medlemmer med oppfordring om å oppnevne en kontaktperson, har hittil bare resultert i ett svar.

Når det gjaldt nordisk samarbeid oppfordret formannen medlemmene til å publisere i Physica Scripta, han mente tidskriftet vil komme til å spille en stadig større rolle innen nordisk fysikk, og vil også med tiden kunne bli en inntektskilde. T. Riste, som nå er med i styret for Physica Scripta, viste en tabell over antall publiserte artikler og over innkomne manuskripter fra forskjellige land. Norge lå på jumboplass på begge tabeller!

Under avsnittet om EPS fremholdt formannen at det var en fin annerkjennelse for T. Riste å bli innvalgt i rådet som representant for de individuelle medlemmer. Ellers ble det nevnt hvor vanskelig det var å få reisepenger for de som er med i de forskjellige komiteer, det er bare mulig hvis reisen kombineres med et faglig møte, og det passer jo ikke bestandig. Det vil bli arbeidet med å få departement og forskningsråd til å øremerke penger til reiser for å delta i komitemøter innen EPS.

Når det gjaldt reiser til komitemøter i IUPAP, er det mulig å få støtte gjennom Det Norske Videnskaps-Akademi.

Årsmeldingen ble godkjent.

Pkt. 3

NFS har i en årrekke engasjert seg i spørsmål som angår menneskerettigheter og akademisk frihet for fysikere over hele verden. NFS vedtok på årsmøtet i 1978 retningslinjer for aksjoner til hjelp for fysikere som blir utsatt for overgrep som er brudd på menneskerettighetene. Siden har selskapet reagert med brev og appeller til andre lands politiske og vitenskapelige myndigheter når fysikere i vedkommende land har vært utsatt for krenkelser av sine menneskerettigheter. - American Physical Society har en egen komite for slike spørsmål som er meget aktiv: «Committee on International Freedom of Scientists». Styret i NFS har vært i kontakt med denne komiteen om en rekke saker. Likedan har EPS nylig opprettet en rådgivende komite for akademisk frihet, denne hindres imidlertid i sitt arbeid ved at de anklagede land ikke har vært villige til å kommentere de fremsatte påstandene om brudd på menneskerettighetene.

På grunn av den store saksmengde disse spørsmål etterhvert representerer, stilte formannen spørsmål om NFS bør ha en egen komite for men-

neskerettigheter og akademisk frihet. Styret ønsker praktisk hjelp og veiledning men ingen pressgruppe. Det var enighet om at styret kunne oppnevne en slik komite hvis det mener det er behov for det. Det vil også bli forsøkt å etablere et samarbeid med vitenskapsakademiet når det gjelder dette spørsmålet. Videnskapsakademiene har en meget sentral posisjon i østblokklandene.

Det ble vedtatt å sende en appell til de sovjetiske myndigheter om amnesti for prof. Yuri Orlov. Deltagerne på årsmøtet var også med på en underskriftskampanje til støtte for Vladimir Kislik, denne samlet 82 underskrifter.

Pkt. 4

Det henvises til separate rapporter fra de faglige grupper. I år var det vare en gruppe som ikke hadde sendt inn rapport! I løpet av det siste året har det blitt dannet to nye grupper: gruppen for datafysikk og måleteknikk, med interimsstyre bestående av: T. B. Skaali, formann, A. Johnsson og T. H. Løvaas, og gruppen for astrofysikk med interimsstyre: P. Maltby, formann, O. Havnes og E. Østgaard.

Pkt. 5

Norsk Fysikkråd hadde årsmøte 13.6.81, 18 av 21 medlemmer var tilstede. H. Olsen ble valgt til ny formann, O. Holt til viseformann, B. Grandal, J. M. Hansteen og E. L. Eriksen medlemmer. Fysikkrådets årsmelding vil bli gjengitt i FFV.

Pkt. 6

Redaktør K. J. Knutsen fortalte at det gikk ganske bra med Fra Fysikkens Verden. En tar sikte på å opparbeide reservekapital svarende til trykking av minst et nummer. Ellers appellerte han til medlemmene om å skrive korte (maks 10 maskinskrevne sider inkl. 1 figur pr. side) populære artikler, og å sende inn korte notiser og meddelelser.

Pkt. 7

Regnskapet for 1981 for NFS og FFV ble godkjent

Pkt. 8

Budsjettene for 1982 og 1983 for FFV og NFS ble godkjent. **Det ble vedtatt å heve kontingenten til kr. 110,- fra 1.1.1983.**

Pkt. 9

R. S. Sigmond ble gjenvalgt som viseformann, T. Engeland ble gjenvalgt som styremedlem. Som varamenn ble gjenvalgt J. Løvseth og A. Egeland. Som revisorer ble valgt F. Tønnessen og J. Falnes med J. Debernard som varamann. Følgende valgkomite for 1983 ble valgt: T. Henriksen, formann, O. Bratteng, E. Lillestøl og K. Mork.

Som representanter til Norsk Fysikkråd for perioden 1983/84 ble O. Holt, O. J. Løkberg og I. Hiis Helstrup valgt som medlemmer og G. Løvhøiden, O. Kaalhus og A. Isnes som varamenn.

Pkt.10

T. Amundsen ønsket velkommen til Fysikermøte i Oslo i 1983. Det ble foreslått at man kanskje burde ha med noen representanter fra institusjoner utenfor universitetet i arrangementskomitéen.

Pkt. 11

Det var ingen saker under eventuelt.

Møtet ble hevet kl. 17.15.

Norsk Datas Fysikkpris for 1982

Norsk Datas Fysikkpris for 1982 er tildelt førsteamanuensis Torgeir Engeland og professor John Rekstad fra Universitetet i Oslo for deres bidrag til forståelsen av atomkjernenes struktur. Prisen, som består av kr. 10.000,- og en krystallfigur, ble overrakt Engeland og Rekstad på Norsk Fysisk selskaps årsmøte på Rogaland distriktshøgskole tirsdag 15. juni.

I en beskrivelse av atomkjernene må man beregne de enkelte nukleoners bevegelse under vekselvirkning med hverandre. Bohr og Mottelson har imidlertid vist at for noen kjerner med et like antall nukleoner - protoner og neutroner - kan en del egenskaper beregnes ved å anta at alle nukleonene beveger seg sammen. Man kan da betrakte kjernen som et massivt legeme som roterer. Dette gir en enorm forenkling av regningene. For kjerner som har et odde antall nukleoner, er det en bra tilnærmelse å anta at det siste nukleonet beveger seg rundt et slikt massivt legeme, omtrent som en satelitt rundt jorden. Finere regninger viser at denne bevegelsen ikke er uavhengig av rotasjonen og vil bli påvirket av denne, i likhet med vindene på jorden, som på den nordlige halvkule bøyes av mot høyre på grunn av en effekt som går under navn av Coriolis-effekten. Denne effekten er også til stede i kjernene og kan tas hensyn til. Vanskeligheten er at dersom man holder på det enkle bildet med en enkel partikkel rundt et massivt roterende legeme, blir den beregnede Coriolis effekten for sterk - det forenklede bildet er altså for enkelt. Engeland og Rekstad har i sine arbeid vist at det er mulig å beregne en svakere og mer korrekt Coriolis-effekt uten å måtte oppgi den enkle og lett forståelige modellen av kjernen.

Husk å melde fra om adresseforandring!

Litt om vindenergi

F. P. Nilsen *

Innledning

Før man kan uttale seg med sikkerhet om vindenergiens fremtidige rolle i landets energiforsyning, er det nødvendig med en grundig studie av ressursens karakter, utnyttelsesmuligheter og geografisk fordeling. vindhastigheten varierer mye fra sted til sted, og der det blåser mest, kan det være liten etterspørsel etter energi og/eller uakseptabelt å utnytte den av miljømessige hensyn. Selv om teknologien i forbindelse med utnyttelse av vindenergien kan kjøpes fra utlandet, må vi selv stå for kartleggingen av ressursen.

Energien i vinden

Vinden oppstår ved et samspill mellom innstråling og utstråling av energi fra atmosfæren. Sollyset driver prosessen. Oppvarmingsforskjeller, f.eks. mellom land og sjø, gir atmosfæriske temperaturdifferenser. Dette medfører en stedsavhengig oppdrift som gir opphav til trykkforskjeller, og dermed setter luftstrømmene i gang.

Den (makroskopiske) kinetiske energien i en luftstrøm med hastighet V [m/s] og spesifikk masse ρ [kg/m^3] som strømmer gjennom et areal A [m^2] i et tidsrom t [s] er

$$E = \tfrac{1}{2}\rho A V^3 t \text{ [Ws]}$$

Effekten i vinden er gitt ved energi pr. tidsenhet som strømmer gjennom en gitt flateenhet, altså

$$P = \tfrac{1}{2}\rho A V^3 \text{[W]}$$

Denne effekten kan bare utnyttes helt med en omformer som kan redusere hastigheten på en «pakke» med luft til null, og konvertere energien til en annen form uten tap.

Variasjoner i vinden.

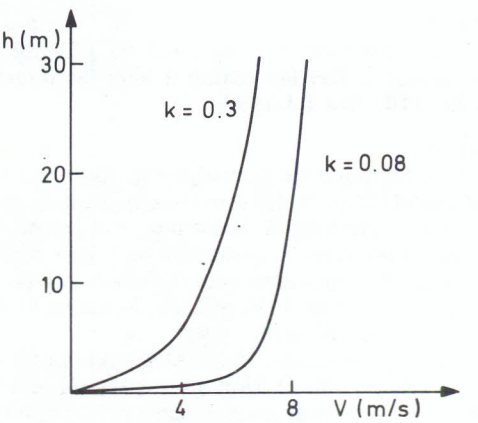
Vindhastigheten er hverken homogent fordelt i rom eller konstant i tid. Dette har stor innvirkning på effekten, som vil variere enda sterkere siden denne er proporsjonal med vindhastigheten i tredje potens. Vindens variasjoner er bestemt av lufttrykkfordelinger i stor skala, jordoverflatens struktur, horisontale og vertikale forskjeller i oppvarming og avkjøling og luftens termiske stabilitet. Tidsvariasjonene har komponenter med frekvenser innenfor et vidt spektrum. De kan ha periode i området fra sekunder til minutter, men også perioder som henger sammen med døgnlige og årlige variasjoner. Den romlige fordelingen av vindhastigheten bestemmes i grove trekk av topografien.

Lufttrykkfordelingen i stor skala induserer storstilte vindfelter som varierer med årstiden. Om vinteren forårsaker de store varmetapene i polartraktene en mer intens midlere sirkulasjon, og disse luftstrømmene øker i hastighet. I Norge er derfor vindfeltene sterkest i vinterhalvåret. De er også sterkere i kyst- og fjellområder der topografiens mekaniske innvirkning på strømningen er mindre enn f.eks. i indre dalstrøk. I sommerhalvåret er forskjellen mellom dag- og natttemperaturen stor, og det er utpregede døgnlige variasjoner i vindhastigheten. Siden den døgnlige variasjonen på temperatur og fuktighet er mye mindre over hav enn over land, er hastigheten og retningen på vinden også mere stabil i de ytre kystområdene.

En forestiller seg vanligvis vinden som horisontale strømmer av luftmasser. Det finnes også strømmer i vertikal retning som blir til på grunn av temperaturforskjeller mellom jordoverflaten og atmosfæren. Disse vertikale bevegelsene kan være i form av varmestrømmer fra et oppvarmet underlag, og kan forårsake hurtige variasjoner i den horisontale vindhastigheten. Overflatens ruhet har stor innvirkning på disse variasjonene, og når avvikene har perioder på minutt- eller sekundnivå, kalles de turbulens. Turbulens er en stokastisk og uregelmessig bevegelse av fluidpartikler i rom og tid. Graden av turbulens kan kvantifiseres ved den såkalte turbulensintensiteten som essensielt angir hvor mye vindhastigheten avviker fra sin middelverdi (i tid). Typiske midlingstider kan være rundt et kvarter. Vanligvis avtar denne turbulensintensiteten med økende høyde over bakken.

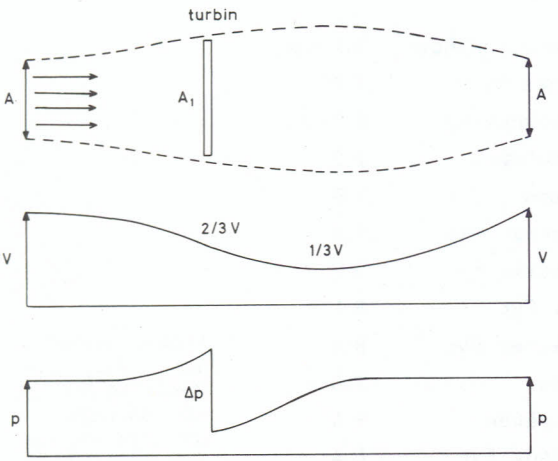
Luften i skiktet nær jordoverflaten blir bremset opp på grunn av friksjonskrefter mot det stillestående underlaget. Vindhastigheten øker derfor vanligvis med økende høyde over bakken. Den vertikale variasjonen i den midlere vindhastigheten er illustrert ved hjelp av en vindprofil som vist i Fig. 1. Denne bestemmes ofte med potensloven

$$\overline{V} = \overline{V}_r (z/z_r)^k$$



1. Eksempler på vindens høydefordeling.

* *Institutt for Energiteknikk, Kjeller.*



2. Typiske strømlinjer, hastighet- og trykkvariasjoner i en idealisert luftstrøm som passerer en turbin av propellertypen.

der z står for høyden over bakken og indeksen r for referansehøyden. Eksponenten k er en parameter som kan variere med høyde, vindhastighet, luftens termiske stabilitet og overflatens stryktur. k kan typisk variere fra 0.08 for en stille havflate, til 0.3 for kupert terreng. Aktuelle verdier for k på Trøndelagskysten er diskutert i referense [1].

Unyttbar vindenergi

Vindaggregatetes funksjon er å omforme energien i vinden til en annen, mer direkte nyttbar form. Det kan være elektrisk, termisk eller mekanisk energi. Aggregatet er gjerne en propeller eller turbin, selv om det finnes en rekke tenkelige prinsipper for ressursens utnyttelse [2].

Betrakter man igjen vinden som en en-dimensjonal, konstant, homogen luftstrøm, kan vindturbinens innflytelse på denne illustreres som i Fig. 2. Turbinen er representert som en plan, sirkulær plate med areal A_1. En antar at luftens spesifikke masse (ρ) er konstant og at trykket (p) er det samme et stykke foran som et stykke bak turbinplanet. Når en nærmer seg turbinplanet, øker trykket i luftstrømmen, og lufthastigheten avtar. Ved forbipassering faller trykket spontant (Δp), mens lufthastigheten avtar gradvis. Siden massestrømmen

$$\dot{m} = \rho AV$$

er konstant, må arealet av luftstrømmen øke i takt med avtagende hastighet, og nå sin maksimale verdi når lufthastigheten er minst.

Det ble vist av Betz [3] at en turbin med diameter D og rotasjonsareal $\pi D^2/4$ under idelle omstendigheter bare kan utnytte $16/27 \approx 60\%$ av energien i vinden. Grunnen til dette er at luften vil akkumuleres dersom den bremses helt opp. Betz viste videre at man oppnår den maksimale effekten når luftstrømmens hastighet blir redusert til en tredjedel av den opprinnelige hastigheten (V). Lufthastigheten i turbinplanet er i dette tilfellet 2/3 V.

Den utnyttbare effekten i vinden er

$$p = \tfrac{1}{2} c_p \rho A V^3$$

og den oppnår altså en maksimal verdi når effektkoeffisienten $c_p \approx 0.6$. I virkeligheten er c_p sjelden høyere enn 0.5. Dette er for det første fordi en del av energien omformes til rotasjon og indre bevegelser i luftmassen (turbulens på grunn av vekselvirkningen mellom turbinen og luftstrømmen. Dernest er ikke hastighetsreduksjonen konstant over hele arealet A_1. Dette skyldes vindens omtalte hastighetsvariasjoner, og turbinelementenes ulike tverrsnitt og omdreiningshastighet i dette arealet.

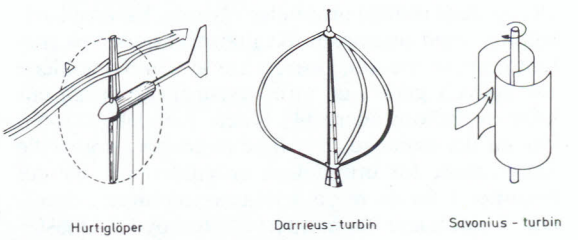
Prinsipper for utnyttelse av vindenergi

Fig. 3 viser noen forskjellige typer vindaggregat. En skiller mellom horisontal- og vertikalakslede maskiner. Hurtigløperen hører til den første typen, mens Darrieus- og Savoniusturbinen hører til den andre. Den store fordelen med vertikalakslede vindaggregater er at de har en enkel konstruksjon og er uavhengige av retningen på vinden. Darrieusturbinen, som er den mest lovende i denne klassen, har imidlertid ingen mulighet for regulering av bladene og dermed effekten. Den har også visse dynamiske problemer under drift, og har noe dårligere ytelse enn hurtigløperen. Hurtigløperen er derfor det mest brukte vindaggregat i dag.

Felles for hurtigløperen og Darrieus-turbinen er at bladene på begge er aerodynamisk utformet. De utnytter trykkforskjellen mellom bladets sider til rotasjon på samme måte som et fly eller helikopter utnytter den til å holde seg i luften. Savonius-turbinen derimot, utnytter trykkreftene i vinden direkte til rotasjonsbevegelsen. Omdreiningshastigheten på denne typen er derfor vanligvis begrenset til vindhastigheten, og aggregatet har generelt en dårligere ytelse enn de to foregående.

Vindenergi i Norge

Norge har, på grunn av sin geografiske plassering og sin lange kystlinje, mange områder med høye midlere vindhastigheter (se Fig. 4). Strømningsbildet nær bakken er imidlertid svært kompli-



3. Figuren viser tre typer vindaggregater. De er klassifisert som horisontalakslede eller vertikalakslede etter orienteringen på omdreiningsakselen.

1.	Kirkenes lufthavn	5.1 m/s
2.	Sletnes Fyr	7.2 "
3.	Fruholmen Fyr	8.7 "
4.	Bardufoss	2.3 "
5.	Andöya	5.8 "
6.	Skomvær Fyr	7.8 "
7.	Nordöyan Fyr	9.6 "
8.	Sula Fyr	8:1 "
9.	Kråkenes Fyr	8.4 "
10.	Röros	2.0 "
11.	Fanaråken	8.4 "
12.	Hellisöy Fyr	6.4 "
13.	Utsira Fyr	6.4 "
14.	Lista Fyr	6.2 "
15.	Torungen Fyr	6.8 "
16.	Ferder Fyr	7.3 "
17.	Gardermoen	2.8 "

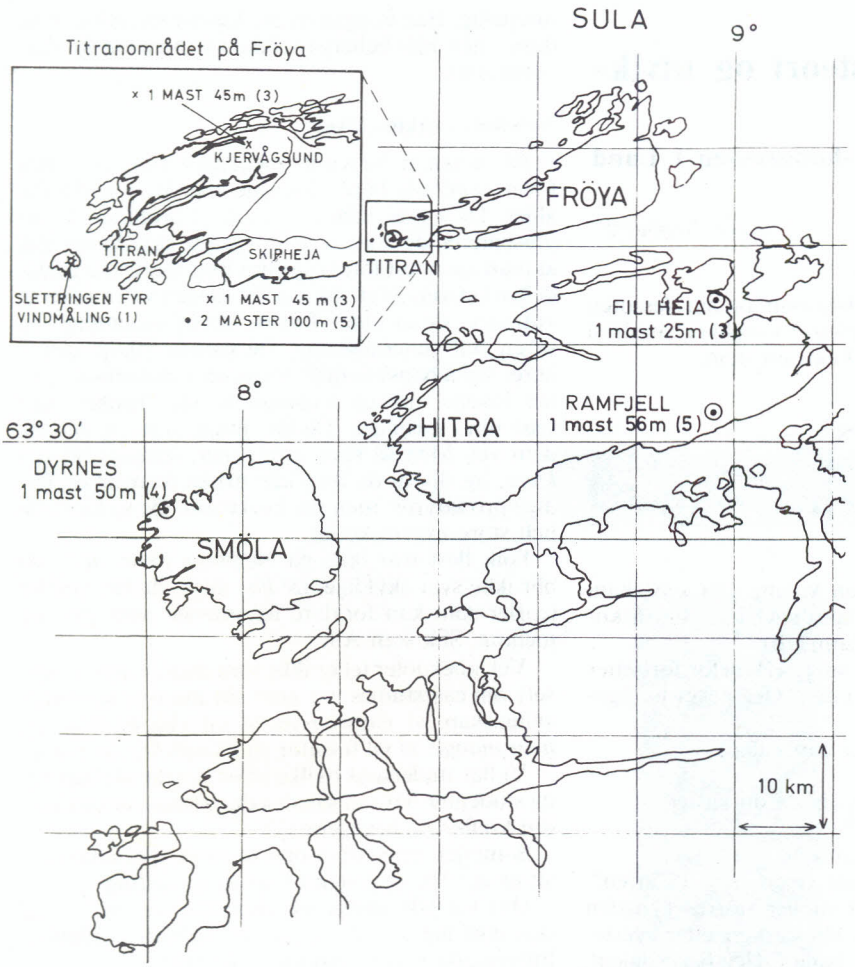
4. Mildere vindhastighet for året (1961-75) i 10 m høyde. Målingene er ikke alltid like representative for området på grunn av lokale topografiske innvirkninger på vindhastigheten.

sert siden terrenget er så ulendt. Smale fjorder, dype skogkledde daler og høye fjell som så ofte preger vår natur, gjør at vindhastigheten varierer mye fra sted til sted. Foruten den rent mekaniske innvirkningen som topografien har på de storstilte vindfeltene, induseres det også lokale luftstrømninger. Disse blir til ved horisontale forskjeller på oppvarming og avkjøling, og kan dominere når vindfeltene har lav hastighet. Det blåser som nevnt mest i kyst- og fjellområder, der den mekaniske oppbremsingen av vindhastigheten er minst. Fra kysten og innover i landet avtar vindhastigheten markert. Fig. 4 viser forskjellen i den midlere vindhastigheten på noen værstasjoner i landet.

I 1979 ble det satt i gang et forskningsprogram med det formål å kartlegge vindens energipotensiale, og dens mulige utnyttelse i Norge. En grovkartlegging, med utgangspunkt i observasjoner på meteorologiske værstasjoner, viste at vindforholdene var spesielt gode i de ytre kyststrøkene og på enkelte av fjellområdene [4]. Siden Trøndelagskysten har en del store, relativt flate øygrupper som ville være ideelle for utnyttelsen av vindenergi, ble det besluttet å foreta mere detaljerte målinger i området. Vindmålere ble montert i flere høyder i master på Smøla og Hitra (se Fig. 5). Målingene vil gi sikrere kunnskap om vindens styrke og høydefordeling i området.

En enda nøyaktigere kartlegging er satt i gang på Frøya (se Fig. 5), der fire master, hvorav to 100 m høye, er montert med måleinstrumenter. Målepunktene er lokalisert i to trekanter, en indre og en ytre. Ved å korrellere dataene fra de forskjellige målepunktene, kan man få kjennskap til variasjonene i vindens parametere i turbinplanet, og deres utstrekning i bredde- og lengderetningen. Dette er viktig når man skal foreta statiske og dynamiske beregninger på vindturbinblader. Siden terrenget på Trøndelagskysten er nokså typisk for mange av våre kystområder, kan vindmålingene også tenkes å bli brukt til andre formål. Det kan f.eks. tenkes at strukturelle beregninger på master, bygninger, boreplattformer o.l. foretatt med nøyaktigere inputdata, ville gjøre det mulig å bygge lettere og dermed billigere konstruksjoner.

Resultatene fra forskningsprogrammet viser at forholdene ligger vel til rette for en utnyttelse av vindenergi i Norge [2]. Det er i første rekke ytre kyststrøk med flate, tynt befolkede områder som egner seg godt til vindkraftutbygging. Med tanke på en eventuell utnyttelse av vindenergien, er det stor fordel med vårt godt utbygde vannkraftsystem, som kan brukes som energilager. På vindrike dager kan man nemlig redusere elektrisitetsproduksjonen fra vannkraft. Dermed lagres vannkraften i magasinene, for bruk i vindfattige perioder.



5. Oversikt over vindprogrammets meteorologiske master på Trøndelagskysten. Parantesen etter masthøyden angir antall målepunkter i høyden.

Referanser:

1. Livik, K., Sandberg, J., Løvseth, J. Foreløpig analyse av vindmålinger på Trøndelagskysten. Fysisk institutt, NLHT, Universitetet i Trondheim, November 1981.
2. Nitteberg, J., Endrestøl, G., Holte, O., Nilsen, F. «Vindenergi i Norge. Underlag for stortingsmelding om alternative energikilder», Institutt for energiteknikk, oktober 1981.
3. Durand, W.F. «Aerodynamic Theory», Volume IV. Springer Verlag, Berlin 1935.
4. Andresen, Lars. Grovkartlegging av vindforholdene i Norge. Døgnlig gang i vindhastigheten og vind som energiressurs, basert på observasjoner i perioden 1961-75. Institutt for energiteknikk/ Det norske meteorologiske institutt, oktober 1980.
5. Otnes, K. Litt om vindkraftverk.

Nye medlemmer opptatt under Fysikermøtet 1982.

Lektor Annik Magerholm Fet, Møre og Romsdal Tekniske Fagskole, 6000 Ålesund.
Professor Bjørn Gjevik, Matematisk Institutt, avd. B, Universitetet i Oslo, Blindern, Oslo 3.
Cand. real. Svein Haavik, Harhauggt. 16d, 6000 Ålesund.
Cand.real. Berit Johanne Kjeldstad, Fysisk Institutt, NLHT, 7055 Dragvoll.
Cand.real. Mari Mehlen, Fysisk Institutt, Blindern, Oslo 3.
Cand.real. Gro Reisæter, Fysisk Institutt, NLHT, 7055 Dragvoll.
Cand.real. Svein Harald Sandbakken, Fysisk Institutt, NLHT, 7055 Dragvoll.
Lektor Arne Vågnes, Haram Vidaregåande skole, 6270 Brattvåg.
Cand.real. Jon Christopher Wikne, Fysisk Institutt, Blindern, Oslo 3.

Studentmedlem

Cand.mag. Per Evensen, Minister Ditleffsvei 20, Oslo 8.

Jean Piagets teorier:

Både vitenskapsteori og utviklingspsykologi

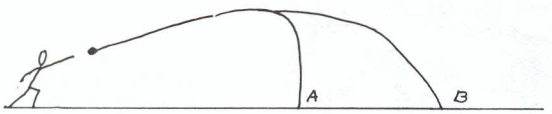
(Foredrag på LMFK-kongressen i Lund 1981)

*Svein Sjøberg**

Min venn Alf.

Alf er 30 år, han er siviløkonom og har dessuten grunnfag fra idrettshøgskolen. Vi snakker om det å kaste noe gjennom lufta, f.eks. en stein.

Situasjonen tegnes opp:



Jeg ber Alf tegne banen videre. Det gjør han, først med en klar knekk (som i A), etter litt diskusjon glattere og rundere (som i B).

Vi prater videre, og jeg spør: «Hvorfor fortsetter den etter at du har sluppet den? (Jeg peker på figuren).

«Jo, fordi krafta trekker den videre».

Hvilken kraft?

«Krafta den fikk fra handa da du kastet».

Hvorfor faller den ned?

«Det er tyngden som virker».

Men virker ikke den hele veien, også i starten?

Ja, men da er krafta framover større. Tyngden trenger tid på å virke. Den blir sterkere etter hvert».

Hva skjer på toppen av banen? (Jeg peker igjen).

«Da snur steinen. Der er tyngden like stor som krafta oppover. Tyngden overtar. Etter hvert blir krafta, altså farten framover, mindre. Den brukes jo opp».

Hvorfor brukes den opp?

«Jo, krafta brukes opp på grunn av motstanden, altså molekylene som er i lufta».

Men hvis vi fjernet lufta, hva skjer da?

«Jo, da er det ikke noe motstand, og da ville den bare gå rett fram». Hva med tyngden, hvis vi fjernet lufta?

«Da kan vel ikke tyngden virke heller. Ikke tvers gjennom ingen ting. Det blir vel som i verdensrommet, der er det lufttomt, og da er jo alt vektløst».

Men jeg har jo sett på TV at det er tyngde på *månen*, og der er det vel *også* lufttomt?

«Ja, . . . men tyngden er i alle fall mindre, den er bare sjetteparten av på jorda. Og så faller alt like fort på månen. . . . Nei . . . Dette kan jeg ikke ordentlig, jeg har jo hatt det på skolen, men det er så lenge siden».

Dette sier altså Alf, som har gått gymnas, som har høyere akademisk utdannelse, også innen idrettsfag. Han er også en bra kulestøter. Alf er ikke dum, men han behersker ikke sin Newtonske barnelærdom.

Newtons «enkle» lover

På skolen er Newtons mekanikk grei. Tre enkle lover, som alle lærer, kanskje allerede i 14-15 års alder. De gjøres ikke til noe stort problem. *Enten* presenteres de som selvinnlysende sannheter, slik at man nærmest føler seg dum hvis man ikke umiddelbart skjønner at slik *må* det nesten være *Eller* så «utledes» de av enkle forsøk. To-tre eksempler, og så en full generalisering. Og ganske riktig, elever lærer seg å hanskes med oppgaver i mekanikk; husker lovene, når og hvordan de skal brukes, kan sette inn i formlene. De får riktige svar, og det går dem vel. Men så spør vi litt mer, kanskje litt *enklere*, og slik at de ikke kan bruke formler og ferdige prosedyrer, men må bruke *ord*. Og så får vi de helt store overraskelser.

Folk flest *tror* ikke på Newtons lover, men de blir ikke svar skyldige. De *har* idéer, de *har* fysiske teorier som kan forklare fenomener, som gir ting mening. Slik som Alf.

Vel, anekdoter teller ikke som data i vitenskapen, selv om casestudies har gjort sitt inntog i samfunnsvitenskap. vi naturvitere, vi vil vite *hvordan* og *hvor mange*, vi vil framfor alt ha *tall*. Og det har vi.

Vi har undersøkt hvilke idéer norske skoleelever og studenter har om såkalt «elementær mekanikk», om krefter og bevegelse (1).

Samtalen med Alf er blitt til ett av spørsmålene, i alt er det 10, og testen er selvsagt skriftlig.

Om lag 600 elever og studenter deltok, og jeg skal ikke her gå i detalj når det gjelder resultatene. Interesserte kan få rapporten tilsendt.

Men Alf er ikke alene om sine svar. En svært vanlig forklaring på bevegelsen er at det er en slags *indre* kraft som er overført fra handa, som gradvis brukes opp og til slutt taper for tyngden. Vanlig er også å hevde at steinen vil gå *rett fram* i vakuum, at tyngden *må* ha et medium å virke gjennom.

Historiske paralleller

Lyder idéene kjente?

Ja, idéene om at en kraft må til for å opprettholde en bevegelse stammer fra Aristoteles. Riktig nok tenkte han seg at det var *lufta* som skjøv steinen av gårde. Åpnet seg foran og dyttet bak. Idéen om en indre, iboende kraft som ble overført til steinen og som trakk den av gårde, ble utviklet av Buridan i Middelalderen. *Impetus* kalte han denne krafta. Og kraft og fart var proporsjonale både for Aristoteles og i impetusteorien: Stor kraft gir stor fart, krafta er alltid i bevegelsens retning, og når krafta er null, er farten null.

De andre idéene? At tyngden trenger et medium? At det er noe spesielt med vakuum? Jo, man

trenger ikke lese særlig mye vitenskapshistorie før man drar kjensel på dette. Naturens «horror Vacui», redsel for det tomme rom, var lenge et akseptert faktum. Også etter at Torricelli hadde «laget vakuum», tenkte man seg likevel at rommet var fylt med «noe», en slags «eter». Også Newton, vel kjent med Torricellis forsøk, tenkte seg at tyngden virket gjennom en slags mekanisk overføring i et slikt medium. Først i dette århundredet er etertanken blitt forlatt. Men også etter den tid har «fjernvirkning» vært et problem.

Så elevene er i bra selskap. De er ikke dumme, de tumler med de samme problemer som vitenskapen har tumlet med, og ofte utvikler de idéer som er forbløffende lik tidligere tiders vitenskapelige teorier.

Newton og common sense

Undersøkelsen vår (og mange andres!) viser mer: Den viser at elevene *har* fysiske teorier, selv om disse ofte er annerledes enn vitenskapens og skolens, samt at disse teoriene er forbløffende like fra elev til elev og at de brukes nokså konsekvent til å forklare en *rekke* dagligdagse fenomener som har med bevegelse å gjøre.

I grunnen tror ikke elevene skikkelig på noen av Newtons lover:

Ikke den *første*, den som sier at et legeme vil fortsette med konstant fart hvis det *ikke* påvirkes av krefter. Svært mange mener at det må en kraft til også for å *opprettholde* bevegelse. Det naturlige er å være i ro, alt annet krever «krefter».

De tror heller ikke på Newtons *andre* lov, F = ma, altså at *akselerasjonen* er proporsjonal med kraften. Den intuitive loven er at *farten* er proporsjonal med kraften.

Newtons *tredje* lov sier at krefter opptrer i par, at de *alltid* er like store, motsatt rettet og virker på ulike legemer. Dette er klart i strid med all intuisjon: Den som vinner i tautrekking *må* jo virke med større kraft enn den som taper! Og i et spørsmål i vår test der to fjærvekter med ulike fjærer trekker i hverandre, finner svært mange ut at kreftene er ulike.

Ingen læringseffekt?

En annen interessant observasjon i vår undersøkelse er at *læring* ikke ser ut til å finne sted! Rigtig nok *er* elever på naturfaglig linje bedre enn de som ikke velger fysikk, og riktig nok *er* universitetsstudenter i fysikk bedre enn studenter uten fysikk på lærerskoler, *men* det ser ut til at alle variasjoner kan forklares ved seleksjonsmekanismene i utdanningssystemet. Med andre ord: At den lille delen som *har* forsaket sin Aristoteles og gjort Newton til sin profet, at de bare omfordeles opp gjennom skolesystemet. Noen steder er de i høy konsentrasjon, andre steder tynnere. På universitetet lærer nok studentene Lagrange- og Hamilton- formalisme, men i dagliglivet har de en Aristoteles bak øret.

Ikke misforstå meg! Elevene «lærer» det de skal. De lærer de problemer de forutsettes å lære. De setter inn på riktig sted i riktig formel, de lærer håndgrepene. Heller ikke er det verre nå enn før, vi har neppe å gjøre med den fryktede «nivåsenkningen». Poenget er snarere at problemet er usynliggjort av tilsynelatende avanserte spørsmål. Vi må spørre *enkelt* og *kvalitativt*, nesten naivt for å konstatere at det er selve det lovpriste grunnlaget som svikter.

Barns fysiske teorier

Her har jeg antydet eksempler fra *mekanikk*. Tilsvarende eksempler på elevers (og voksnes!) *alternative* fysiske teorier kan finnes på en rekke andre områder: når det gjelder elektrisitet og magnetisme, når det gjelder lyd og lys, varme og temperatur, atomer og molekyler osv. Det svenske EKNA-prosjekt [2] har mange slike eksempler, og det er en voksende internasjonal interesse for dette forskningsområdet.

Og disse alternative idéene, eller *spontane* og *intuitive* forestillinger som de også kalles, ligner ofte på idéer fra vitenskapens historie. Store tenkere har tenkt slike tanker før, elevene er i godt selskap.

Vårt problem som pedagoger er altså at elevene allerede rår over fysiske teorier, at disse ofte gir tilfredsstillende forklaringer på dagligdagse fenomener, og at disse teoriene ser ut til å leve videre trass i vår undervisning.

For å kaste lys over dette problemet, trenger vi både læringspsykologi og epistemologi, erkjennelsesteori. Og *alle* har vi teorier på disse områdene - teorier om vår vitenskap, hva den beskriver, grunnlaget for vår erkjennelse, hvordan vi lærer. Vi har altså både psykologiske og epistemologiske teorier, selv om vi ikke en gang kjenner ordet epistemologi. På samme måte som barn utvikler intuitive fysiske teorier, uten formelt å ha lært fysikk, så utvikler vi også vitenskapsteoretiske forestillinger.

To filosofiske understrømmer

Innen begge disse områdene, læringspsykologi og epistemologi, har vi å gjøre med to filosofiske understrømninger.

Skissemessig er disse på den ene side en *empiristisk* tradisjon, på den andre siden er *rasjonalistisk*. Det *empiristiske* synet opererer med et skarpt skille mellom oss og verden, mellom subjekt og objekt. Verden er «der ute», uavhengig av oss. Vi erkjenner den gjennom objektive sanseinntrykk. Empiristene mener videre at vi bygger opp vår erkjennelse ved logiske slutninger basert på persepsjon. Vitenskapen vokser ved tålmodig innsamling av nøytrale data av forskere uten forutinntatte idéer. Erkjennelsen kommer til oss ut av haugen med positivt gitte data, og vi kaller dette vitenskapsynet for *positi-*

visme. Læringspsykologisk nedfeller det empiristiske grunnsynet seg i *behaviorismen*, der selve *kunnskapen* er uproblematisk og eksisterer i seg selv. Eleven er en passiv mottaker. Gjennom velvalgte stimuli skal vi frambringe de ønskede responser. Læring oppfattes som en kjede av stimulus-respons, en logisk og rettlinjet påbygging der stein legges på stein etter en detaljert plan inntil katedralen er ferdig.

Motpolen til dette synet er det *rasjonalistiske*, der mennesker med sin ratio, fornuft, *skaper* sin egen forståelse. De logiske slutningene stammer fra oss selv, de er a priori, ikke en overtatt kopi av en ytre verden.

I psykologien nedfeller synet seg bl.a. som *gestalt*-psykologi, som ikke ser mennesket som en sum av deler som kan forstås hver for seg. Helheten er mer enn summen av delene; «to dissect is to distort», sier de. Ulike pedagogiske retninger bygger på dette grunnsynet. Felles er at de tillegger barnets egne iboende egenskaper stor betydning.

En avlegger av det rasjonalistiske synet er at objektiv erkjennelse basert på erfaring ikke eksisterer. All erkjennelse er *relativ* og *subjektiv*, mens det positivistiske synet er at det finnes kunnskap som er *absolutt* og *objektiv*.

Dette er ytterpunkter, men vi må forenkle for å få fram poengene. Flere forenklinger: Stort sett er den positivistiske tradisjonen anglosaxisk, den rasjonalistiske er kontinental. Og her i Norden er det positivistiske grunnidéer som dominerer. De dominerer i våre lærebøker i naturvitenskap, og de dominerer våre idéer om kunnskap og læring.

Piaget: En syntese?

Skal vi forstå hvorfor Alf har sine egne idéer, hvorfor disse deles av utallige andre, og hvordan de kan overleve trass i vår undervisning, da må vi trenge ut av positivismens perspektiv. Men heller ikke den rene rasjonalismen med sine idéer om a priori erkjennelse og vage antydninger om vårt iboende potensiale er tilfredsstillende.

Vi trenger en fruktbar syntese, og her er det etter min mening at Jean Piaget kommer inn. Få av oss har vel klart å unngå å støte borti navnet hans. Blant pedagoger er han den store koryfé, psykologer etterprøver og utvider hans utallige eksperimenter, matematikere, filosofer, fysikere, lingvister lar seg inspirere av hans idéer. Men selv kalte han seg epistemolog - erkjennelsesteoretiker. Han kalte seg *genetisk* epistemolog, men *genese* i betydningen tilblivelse, skapelse. Han studerer kunnskapens struktur, og den kan man bare forstå hvis man forstår hvordan den blir til. Ingen struktur uten konstruksjon. Derfor studerer Piaget hvordan erkjennelse utvikler seg fra primitive til avanserte former. Dette kan studeres på to områder: Det *enkelte individ* som utvikler sin kunnskap fra elementære til kompliserte former. Dette kaller vi læringspsykologi. Eller vi kan se på den *vitenskapelige erkjennelse* som utvikler seg opp gjennom historien. Piagets teori er altså både psykologi og erkjennelsesteori. Det er både en teori om kunnskapen, faget, og om dens formidling gjennom undervisning.

Bruk - og misbruk?

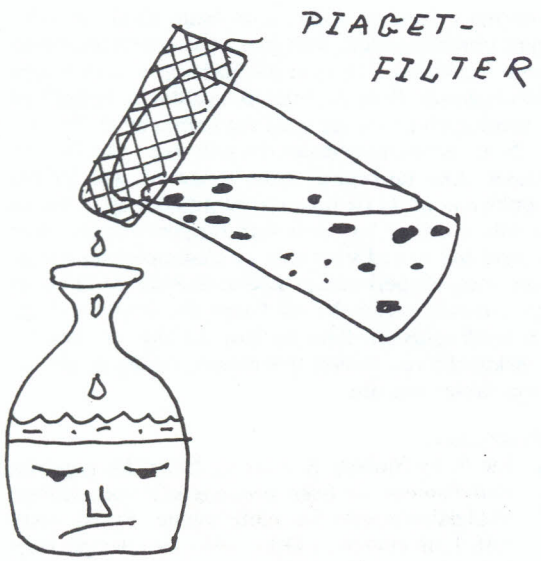
Det er antakelig velkjent at Piagets teorier også blir brukt, at de har hatt utallige praktiske konsekvenser. Nye undervisningsopplegg i matematikk og naturfag sier seg mer eller mindre eksplisitt å bygge på hans teorier. Her i Norden er f.eks. det amerikanske SCIS-prosjektet oversatt og tilpasset våre forhold ([3]). Mange andre eksempler finnes også - både på bruk og det jeg oppfatter som misbruk. De mangfoldige *ulike* pedagogiske oppleggene er ofte klart i strid med hverandre. Stadig nye pedagogiske gimmicks rettferdiggjøres ved å vise til at «Piaget har sagt at . . .».

Opp av den store hatten med Piaget-teori tryller man behendig fram de rareste skapninger.

Et kjent element i Piagets teori er antakelsen om ulike *stadier* i vår intellektuelle vekst, at vi så å si utvikler vår evne til å abstrahere, til å tenke logisk, i nokså distinkte trinn. At vårt logiske repertoar utvikler seg i kvantesprang. Med denne teorien som ledestjerne, er det påvist at mange lærebøker åpenbart stiller krav til elevers abstraksjonsevne som er klart urealistiske. Det er altså mangel på samsvar mellom hva lærebøkene krever og det eleven kan mestre. Det forutsettes alt for tidlig at eleven mestrer hypoteser, flere variable, modeller, proporsjonalitet osv. ([4]). Resultatet blir, i beste fall, pugg, utenatlæring av teknikker til å hanskes med ofte rituelle oppgaver og spørsmål.

Dette gir oss utvilsomt *noe* av forklaringen på den skinnlæringen, pseudo-læringen, som vi kan vise at ofte finner sted.

Slik blir ofte Piagets teori brukt. Det er altså en fokusering på lærestoffets logiske *form*, hvilke tankeoperasjoner som er nødvendige for å mestre det.



Men poenget kan tøyes for langt, og her som ellers har vi lett for å ta *noe* av Piagets teori, ta det ut av sin filosofiske sammenheng. Ofte putter vi det inn i vår egen, som oftest *positiviske* forståelsesramme. Det behavioristiske synet på læring kan karikeres ved at elevens hode er en tom beholder som læreren skal fylle med en væske kalt kunnskap. Hvis vi tolker Piagets stadieteori innen denne rammen, blir bildet bare litt modifisert, f.eks. slik:

Kunnskapsvæsken er ikke lenger tyntflytende, den inneholder logiske korn og nøtter av ulik størrelse. Noen av disse er for store til å gli ned i elevens hals inntil eleven har vokst seg stor nok, nådd det riktige stadiet. Piaget-teorien brukes som et filter for å sikre seg at næringen kan inntas uten forstoppelse av systemet.

Men Piagets teori står fjernt både fra behaviorismen og dens logiske far, positivismen.

Piagets konstruktivisme.

Sentralt i Piagets teori er at kunnskap *ikke* kan overtas utenfra, men blir skapt, konstruert av hvert enkelt individ. Han hevder at vi er aktivt fortolkende, at vi tidlig utvikler idéer som vi bruker til å orientere oss, til å *skape* mening i våre erfaringer.

For Piaget er kunnskap et resultat av våre *handlinger* overfor omgivelsene, først konkrete og fysiske handlinger, seinere internalisert som logiske operasjoner. Hele tiden prøver vi ut eksisterende kunnskap mot nye erfaringer, og utvikler vår erkjennelse i dette samspillet.

En elev som møter skolens naturfag *har* allerede teorier, mer eller mindre klart uttalte. Disse gir mening til det som skjer. Verden er ikke en kaotisk og meningsløs strøm av enkeltfenomener uten sammenheng. Og disse teoriene mangler så visst ikke empirisk grunnlag. Når elevene får mekanikk på skolen, har de 14-15 års empiri, dag etter dag, år etter år. De kan kaste og treffe, de har erfaring med baller og steiner, med leker og spill, med sykler og fremfor alt beveger de seg selv. Og de kan forutsi bevegelser, intuitivt og raskt beregner de den nødvendige kraft som trengs for en ønsket bevegelse. Jo da, da *har* idéer om krefter og bevegelse. Og disse teoriene bekreftes kontinuerlig av det de erfarer.

Likevel tror vi at noen få forsøk på skolen, kanskje med fremmed og spesielt skoleutstyr, skal velte alt dette. At de skal forkaste sin egen og overta vår teori. Dessuten: *deres* teori beskriver verden direkte, *vår* teori beskriver idealiseringer som sjelden er realiserbare i praksis. Og ærlig talt: Ingen blir bedre til å kjøre bil, til å sparke fotball eller spille bowling av å lære Newtons mekanikk! De intuitive forestillingene gir like gode eller bedre forutsigelser. Alle vet at stor motorkraft på en bil gir stor fart, at liten kraft gir mindre fart og at bilen stopper hvis kraften blir null.

Nei, Newtons mekanikk vokser ikke av empiri og observasjon alene. Og hvor ble det av *geniet* Newton, hvis vi kan utlede lovene hans av 2-3 enkle forsøk? Noe særlig ny *empiri* hadde vel heller ikke Newton? Han hadde ikke hauger av nøyaktige data som var innsamlet med et åpent sinn og uten forutintatte meninger, slik positivismen forutsetter. Nei, Newtons problem var ikke å finne sammenhengen mellom de tre størrelsene masse, kraft og akselerasjon. *Det* problemet er såre enkelt, *hvis* begrepene er gitt. Språket, begrepene definerer delvis teorien. Bidraget til de store forskere er nettopp å utvikle, konstruere, ja «finne på» slike begreper som vi kan bruke til å fange virkeligheten.

Ikke bare psykologi

For Piaget er ikke empirismen i stand til å forklare hvordan erkjennelsen blir til. Og han er i godt selskap. mens Piaget i hovedsak argumenterer ut fra *barns* tilegnelse av erkjennelse, har andre sett mer på vitenskapens utvikling. *Karl Popper* og *Thomas Kuhn* er velkjent for mange. På mange måter er de uenige, med de avviser begge positivismens uproblematiske induktive vandring fra observasjon i teori. «Enhver observasjon forutsetter en teori», sier de. Videre «*Fakta* bestemmer ikke teorien, det er teorien som bestemmer hva som *blir* til fakta».

To enkle eksempler

La oss si at vi ønsker å undersøke hvordan svingtiden for en pendel avhenger av utslaget. Da varierer vi *denne* variable, og skal, ideelt sett, holde alle andre konstant. Men bryr vi oss med å kontrollere for *fargen* av kula som svinger? Hvilken tid på døgnet det er? Hvilken etasje vi er i? Lydstyrken i rommet? Belysningen? Temperaturen? Nei, selvsagt ikke, for vi vet sånn intuitivt at disse variablene

ikke har noe å si, vi *har* allerede teori og forventninger som bestemmer *hva* som er data, *hva* vi skal skive i protokollen der alle observasjoner ideelt sett skal nedtegnes. Observasjonene er ikke teorifri.

Et eksempel til:

Vi sier at vi «ser» α-partikler i et tåkekammer. Det vi «ser» er korte streker med tåkespor, dvs. vi «ser» ikke at det er tåkespor, også *det* er noe vi slutter oss til ut fra det vi vet, eller mener å vite, om den underkjølte dampen, om partiklers ionisasjonsevne osv. Det ligger mange logiske ledd bak vår enkle observasjon, og bak hvert av disse en kjede med teoretiske forutsetninger. Likevel: dette er kanskje den mest direkte observasjonen vi har av atomære partikler. De andre, som klikkene i et GM-rør, forutsetter enda flere logiske ledd og teoretiske forutsetninger.

Vitenskapens vekst - og elevens

Nyere vitenskapsteori forestiller seg altså *vitenskapens* vekst som en aktiv fortolkningsprosess der subjekt og objekt vekselvirker, og der teori og observasjoner gjensidig forutsetter hverandre. Det ene er ikke mer prinært enn det andre; høna forutsetter egget, og omvendt. Og Piaget hevder at *individets* læring skjer på den samme måten.

Og parallellen kan trekkes lengre: Det å velte en vitenskapelig teori og erstatte den med en ny er en smertefull prosess. Thomas Kuhn kaller det et paradigmaskifte. Skal det skje, må man ha klare *anomalier*, dvs. fenomener som ikke lar seg forklare ved den gamle teorien, ja, som direkte er i strid med hva den forutsier. Men ikke bare det, vi må ha et klart alternativ som er *bedre*, som både forklarer tidligere observasjoner, som gjør at uoverensstemmelsene forsvinner, og som gir gode og etterprøvbare forutsigelser. Bare da, (men ikke alltid da heller!) vil vitenskapen kvitte seg med det gamle og ta det nye.

Noe tilsvarende gjelder oss selv som individer. Vi kaster ikke tankegods som fungerer bra. Vi må oppleve konflikt og uoverenstemmelse, og vi må ha et tilbud om en ny teori som fungerer bedre. Som lærere må vi ved vårt valg av eksempler, nye erfaringer og eksperimenter vise at elevens gamle teori gir *selvmotsigelser*. Vi må framkalle *konflikt*, skape en *konfrontasjon*. Bare da kan det skje en liten vitenskapelig revolusjon hos eleven, og det er *det* læring dreier seg om.

Referanser:

1. Lie S. og Sjøberg S. *Fart og kraft. En empirisk undersøkelse og noen pedagogiske synspunkter.* Skolelaboratoriet for naturfagene, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, 1981 (Sendes på forespørsel)
2. Andersson B *EKNA-prosjektet* (Elevtänkande och Kurskrav i Naturvetenskaplig undervisning), Institusjonen för praktisk pedagogik, Göteborgs Universitet. (Rapporter sendes på forespørsel)
3. Johansen O. E. *Naturfag på en ny måte.* Tanum, Oslo, 1979. (Her gjøres det bl.a. rede for idéene bak SCIS-prosjektet og de nordiske versjonene av dette)
4. Sjøberg S. *Naturfag i søkelyset,* Tanum Oslo, 1979. (Her gjennomgås ulik bruk av Piaget-teori i naturfagenes pedagogikk).

Roterende atomkjerner

Magne Guttormsen *

Institut für Strahlen- und Kernphysik
Universität Bonn, BRD

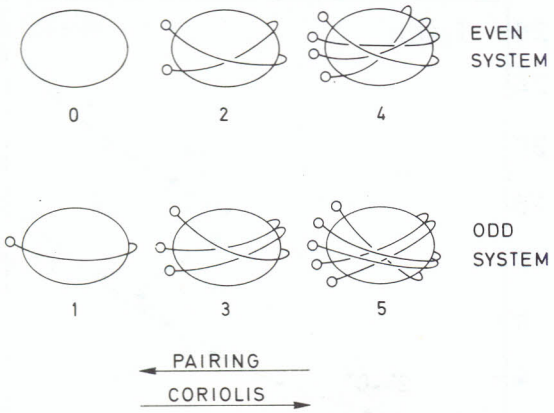
De siste års eksperimentelle utvikling innenfor kjernefysikken har brakt ny og viktig kunnskap over de såkalte deformerte atomkjerner. Man skiller her mellom kjerner med prolat (sigarformet) og oblat (pannekakeformet) form. De deformerte kjerner har den kvantemekaniske egenskap (i motsetning til sfæriske kjerner) at de kan rotere. Denne frihetsgraden er ikke bare mulig, men representerer en av de mest naturlige bevegelsesformer for deformerte kjerner.

I det påfølgende skal vi begrense oss til kjerner med et like antall protoner og et like antall nøytroner (f.eks. Z = 70 og N = 90). I grunntilstanden er slike like-like systemer særmerket ved at to og to nukleoner er koplet sammen i tidsreverserte baner. Siden hvert nukleonpar dermed har spinn I = 0, vil også kjernen som helhet ha I = 0. Det å bryte opp et nukleonpar for å danne partikkeleksitasjoner koster 4-5 ganger mer i energi enn å foreta et rotasjonskvantesprang.

Dette forhold blir endret ved hurtig rotasjon. Da er det ikke lenger riktig å betrakte kollektiv rotasjon og eksitasjon av enkeltpartikler som to løsrevede prosesser. I dette tilfelle må det tas hensyn til rotasjonsavhengige krefter; spesielt vil Coriolis-kraften føre partiklene i baner som ligger i et plan vinkelrett på kjernens rotasjonsakse. Denne tendensen blir motvirket par-kraften som forsøker å holde nukleonene «på plass». Ved en bestemt kritisk vinkelfrekvens vil likevel Coriolis-kraften ta overhånd og bryte nukleoner opp fra den underliggende kjerne. I dag kjenner man flere slike partikkeleksitasjoner i kjerner med like og ulike antall nukleoner (se henholdsvis øvre og nedre del av Fig. 1). Ved å studere denne oppbrytningsprosessen er det mulig å få ny innsikt i kjernens indre struktur.

Mellomkjernereaksjonen

La oss se nærmere på hvorledes eksperimentalis-



1. Forskjellige typer partikkeleksitasjoner observert fram til nå.

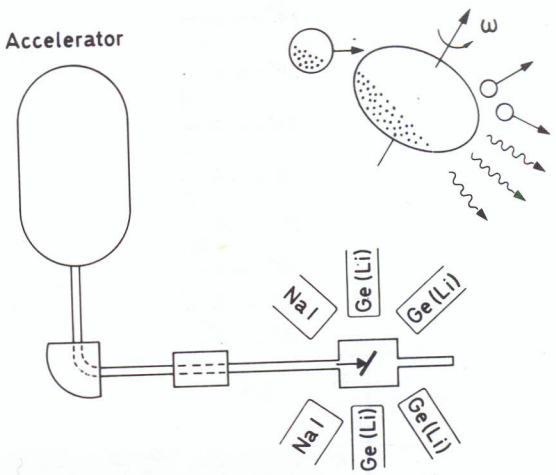
tene kan sette atomkjernen i så hurtig rotasjon. Man utnytter her det spinn som et tungt prosjektil overfører til en atomkjerne ved perifert sammenstøt. En slik situasjon er framstilt i Fig. 2. Prosjektilet kan være α, ^{16}O, ^{20}Ne eller andre tunge ioner som skytes ut av en akselerator mot det stoff som ønskes undersøkt (se f.eks. omtale av Oslo-syklotronen /1,2/). Rundt målskiven der kjernereaksjonene dannes er det stilt opp tellere av forskjellig slag.

Ved sammenstøtet smelter prosjektilet sammen med atomkjernen, og det oppstår en uordnet og opphetet kjernematerie med høyt spinn. Mellomkjernen, som lever hele 10^{-18} sek., damper dernest av nøytroner og andre partikler. Denne prosessen pågår til den indre energi i systemet ikke lenger strekker til for partikkel-utsendelser. Den ønskede sluttkjernen er nå dannet, og den videre avkjøling foregår ved utsendelse av gamma-kvanter.

Et gamma-kvants energi tilsvarer energidifferensen mellom to nivåer i atomkjernen. For deformerte kjerner viser det seg at gamma-utsendelsen skjer i hurtige distinkte kaskader, og at kvantene kan tilordnes overganger innenfor et rotasjonsbånd. Grovt sett roterer kjernen saktere for hvert utsendt gamma-kvant. Det er nettopp disse kvanter vi forsøker å måle ved en eksperimentoppstilling som skissert i Fig. 2.

Et gamma-spekter for reaksjonen $^{144}Nd(^{16}O,4n)^{160}Yb$ er vist i Fig. 3. Den horisontale akse er proporsjonal med kvantenes energi og dermed (se under) proporsjonal med vinkelfrekvensen. Toppen merket 2^+ representerer gamma-overgangen fra første eksiterte nivå med spinn og paritet $I^\pi = 2^+$ til grunntilstanden med $I^\pi = 0^+$. Generelt roterer kjernen fortere ved høyere spinn, men etter 10^+-8^+ overgangen begynner systemet plutselig å rotere saktere for så å tilta i rotasjon igjen ved 14^+toppen.

I Fig. 4 ser vi rotasjonsbåndet for den gamma-kaskaden som ble diskutert i Fig 3. Nivåskjemaet er



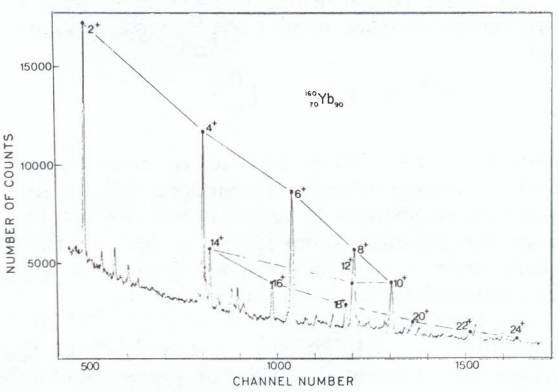
2. Atomkjerner kan settes i hurtig rotasjon ved å bombardere et målstoff med tunge ioner. Rundt målstoffet er det satt opp Ge (Li) og NaI tellere.

gruppert i to rotasjonsbånd. *Grunntilstandsbåndet* (venstre) forklares ved at kjernen er i grunntilstanden og roterer med forskjellig hastighet. *Sidebåndet* (høyre) bygger også på rotasjon av kjernen som helhet, men i dette tilfelle er den underliggende kjerne eksitert. Vi skal i det påfølgende vise hvorledes egenskaper ved dette sidebåndet kan gi informasjon om mekanismer som inntrer ved hurtig rotasjon.

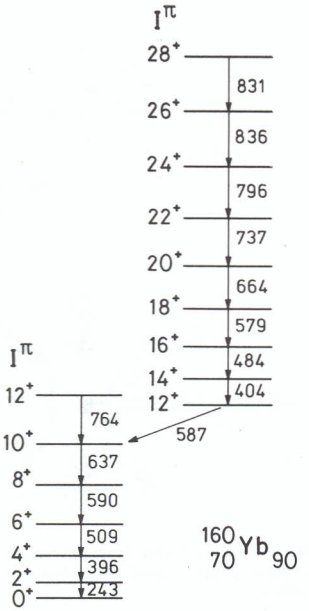
Rotasjonsbåndenes struktur

Hvis det ikke forekom partikkeleksitasjoner, ville vi bare forvente å se grunntilstandsbåndet (0^+, 2^+, 4^+, . .) som eneste eksitasjonsmulighet. Unormaliteten i nivåsystematikken ved 10^+ med tilstedeværelsen av et sidebånd indikerer at partikkeleksitasjoner blir energetisk fordelaktigere ved høyere spinn. For å analysere dette fenomen nærmere, skal vi gjennomgå to enkle og fruktbare begreper.

Analysemetodens slagkraft ble først demonstrert



3. Typisk gamma-spektrum fra en roterende atomkjerne. Her ble ^{16}O-ioner skutt mot ^{144}Nd slik at rotasjonskjernen ^{160}Yb ble dannet.



4. Rotasjonsnivåer i ^{160}Yb. Hvert nivå er betegnet med spinn og paritet I^π.
Overgangsenergien ΔE mellom to påfølgende nivåer er også markert.

i 1977 av nobelprisvinnerne Bohr og Mottelson. De definerer *vinkelfrekvensen* ω ved den klassiske likningen.

$$\omega = \partial E(I)/\partial I,$$

hvor E(I) er eksitasjonsenergien for et nivå med spinn I. Da E(I)-funksjonen varierer på en jamn måte, kan man tilnærmet sette

$$\omega = \Delta E(I)/\Delta I,$$

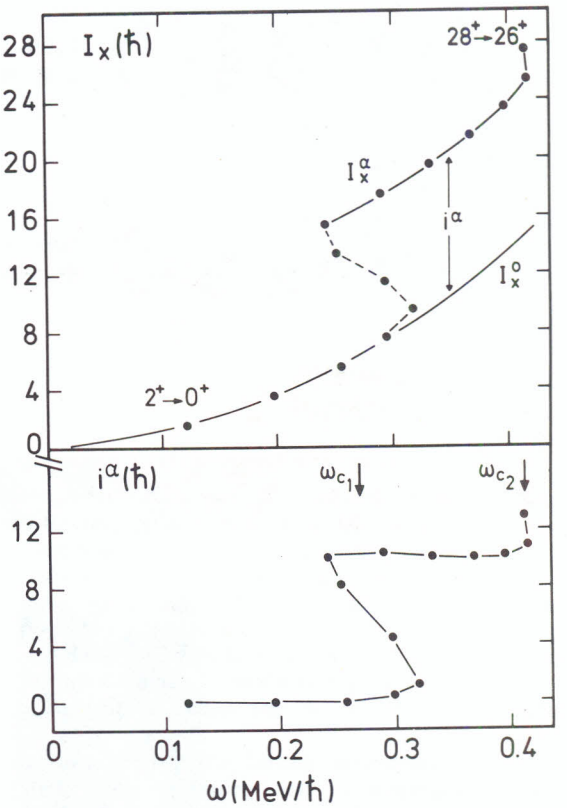
hvor $\Delta E(I)$ er overgangsenergien mellom to påfølgende nivåer. Videre opptrer spinnet I i sprang på $2\hbar$ innenfor et rotasjonsbånd, som gir $\Delta I = 2\hbar$.

Det andre viktige begrepet er *opplinjert spinn* i langs rotasjonsaksen relativt til grunntilstandsbåndet

$$i^\alpha = I_x^\alpha - I_x^0$$

hvor $I_x^\alpha \approx I + 1/2\hbar$ er det midlere spinn for en I⟶I-2 overgang innenfor sidebåndet α. Spinnet for grunntilstandsbåndet I_x^0 representerer her det bidrag som det totale spinn I_x^α har fra den underliggende rotor. Vi skal nå anvende begrepene ω og i på rotasjonsbåndet vist til høyre i Fig. 4.

For hver overgang 2^+-0^+, 4^+-2^+, . . . , 28^+-26^+ regnes ut $\omega = \Delta E/2\hbar$ og $I_x = I + 1/2\hbar$, og I_x tegnes som funksjon av ω, slik som vist øverst i Fig. 5. Dernest legges en kurve I_x^0 gjennom grunntilstandsbåndets overganger. Differensen mellom I_x^α og I_x^0 er vist nederst i figuren.



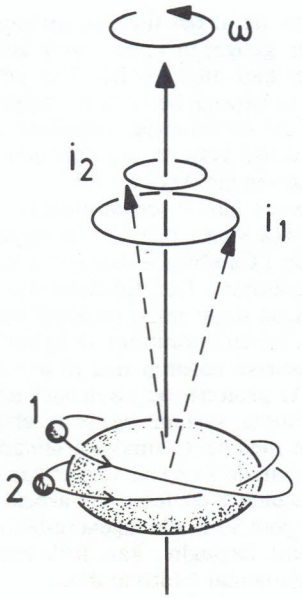
5. Opplinjering av spinn langs rotasjonsaksen som funksjon av vinkelfrekvensen ω.

Vi ser at i-kurven tiltar plutselig i spinn for 10^+-8^+ overgangen. Dette skjer tiltross for en ubetydelig endring i vinkelfrekvensen ω. Det viser seg at spinnøkningen

$$i^\alpha = I_x^\alpha - I_x^0$$

kan forklares ved at koplingen av et nukleonpar brytes opp, og at partiklene linjerer sitt spinn langs rotasjonsaksen. En slik partikkeleksitasjon er illustrert i Fig. 6. Summen av det opplinjerte spinn ($i = i_1 + i_2$) kan leses ut av Fig. 5 til å være omtrent 10h. Videre ser man at opplinjeringen finner sted ved den kritiske frekvensen $\omega_{c1} = 0.27$ MeV/$\hbar$. Disse to nøkkelverdiene (ω_c og i) kan sammenliknes med teoretiske beregninger for å avklare hvilket nukleonpar som forstyrrer grunntilstandsbåndet ved 10^+.

Hvis vi går til enda hurtigere rotasjon, viser Fig. 5 at nok en økning inntrer for i (ω)-kurven. Dette spranget skyldes at *to andre nukleoner* brytes opp fra den underliggende kjerne. Tilsammen er nå 4 nukleoner opplinjert med spinn langs rotasjonsaksen. Imidlertid betyr den høye kritiske frekvensen ($\omega_{c2} = 0.42$ MeV/$\hbar$) at denne partikkeleksitasjonen er vanskeligere å produsere. Her må atomkjernen rotere meget fort, og man nærmer seg den grense



6. Skjematisk framstilling av 2-partikkeleksitasjon.

hvor intensiteten av gamma-kvantene er så lav at de vanskelig kan observeres.

Avslutning

Hovedsakelig finnes det tre konkurrerende krefter som bestemmer rotasjonskjernenes oppførsel:

(i) krefter på enkeltpartiklene fra et felles potensial

(ii) sterke par-krefter mellom to og to nukleoner

(iii) krefter som øker i styrke med økende rotasjon

Den første type krefter (i) er de viktigste og sørger for at nukleonene forblir i et lukket system. Parkreftene (ii) tenderer til å redusere antall eksiterte nukleoner, mens Coriolis-kreftene (iii) søker å bryte opp par og opplinjere det tilhørende spinn langs kjernens rotasjonsakse.

De eksperimentelle og teoretiske metoder som det her er gitt noen glimt av, har vist seg meget lovende. Spesielt har de siste års systematiske undersøkelser avslørt endringer i kjernens deformasjon og i par-kreftenes styrke under forskjellige eksitasjoner. Det er følgelig grunn til å tro at disse metodene også i framtiden vil kaste lys over det fascinerende samspill mellom indre og kollektive frihetsgrader i de deformerte atomkjerner.

Referanser

1. J. Rekstad og E. Osnes, FFV Nr. 4-78, s. 78 og FFV Nr. 1-79, s. 6.
2. FFV Nr. 1-80, s. 4.

LØSNING PÅ OPPGAVE FRA FORRIGE NUMMER

Skal glassveggen tilsynelatende ha null tykkelse, må det komme ut lys tangentielt til den ytre glassveggen. Strålegangen for lys som når en observatør O er vist i figuren for tilfellet $n_1 > n_2$.

Fra geometriske betraktninger (sinusproporsjonen) er

$$\sin\alpha/\sin\beta = R/r$$

I de to brytningspunktene gir brytningsloven

$$n_1\sin\beta = 1 \quad \text{og} \quad n_2\sin\gamma = n_1\sin\alpha$$

Fra de tre ligningene ovenfor finnes etter litt regning

$$\sin\gamma = R/rn_2$$

Denne likheten gjelder også for tilfellet $n_1 < n_2$.

a) $n_1 > n_2$:

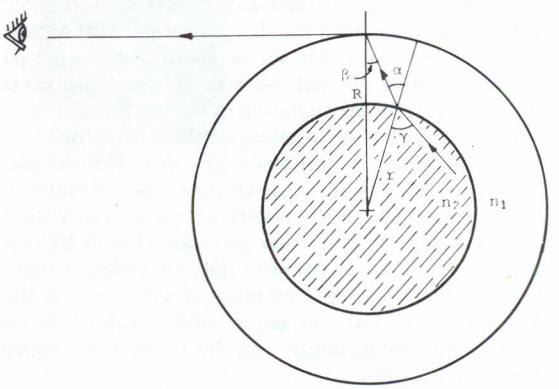
I dette tilfelle må en ha $\gamma \leqslant \pi/2$ som gir

$$1 \geqslant \sin\gamma = R/rn_2 \quad \Rightarrow \quad r/R \geqslant 1/n_2$$

b) $n_1 < n_2$:

I dette tilfelle må γ være mindre enn grensevinkelen for totalrefleksjon dvs.

$$n_1/n_2 \geqslant \sin\gamma = R/rn_2 \quad \Rightarrow \quad r/R \geqslant 1/n_1$$



Naturlovene i mikrokosmos: Sanning og spekulasjon

Hallstein Høgåsen *

Omtrent 70 år etter at Pytagoras vart fødd på øya Samos kom ein annan merkeleg mann til verda på fastlandet innafor. Det var Anaxagoras som vart fødd i byen Klasomena like ved det som nå er Izmir. Han underviste i Aten frå 462 (f.k.) til 432 då han vart dødsdømd og måtte flytte. Som studentar hadde han Perikles, Euripides og Sokrates. Han skreiv ei bok «Frå Naturen» som vi kjenner brotstykke av. Eg kjenner ikkje til at elementærpartikkelhypotesen har vorte formulert så presis nokon gong tidlegare. I ei tysk omsetjing [1]) frå 1882 heiter det:

Der unsichtbare kleinen Theilchen giebt es unendlich viele, sie sind alle unvergängliche und unveränderliche Urstoffe, an Gestalt, Farbe und Geschmack von einander verschieden.

Med litt humor kan vi legge noko synsk i det Anaxagoras skreiv: Både problemstillingane våre og språkbruken vår går attende til kjeldene for naturvitskapen. Når vi fysikarar i dag prøver å forstå naturens løyndomar er det ei tru vi alle har: Frå kjennskapen til dei minste byggesteinar i naturen og til kreftene mellom dei skulle ein i prinsippet kunne forklare alle naturfenomen. At denne hypotesen som oftast ikkje vert brukt i praksis, at meteorologar ikkje brukar kvantemekanikk, endrar ikkje denne trua. Ho gjer at studiet av dei enklaste og minste system har ei eiga evne til å trollbinde mange av oss. Det har ikkje alltid vore slik. Så seint som ved hundreårskiftet sto Ludwig Boltzmann svært åleine i Tyskland når det gjaldt å forsvara atomteorien og det var ein strid som vart for hard for han. Med ein viss rett kan vi seia at atom viste seg å ikkje vera atom (udelelege) før dei vart aksepterte. Så seint som for sju år sidan såg mange på kvarkar som reint matematiske symbol som ikkje representerte noko materielt. Dei sto for indeksar som viste korleis elementærpartiklar transformerte under abstrakte matematiske grupper. Platons ideverd vart sett høgare enn Anaxagoras sin materialisme og kvarkhypotesen vart sett på som unyttig. I dag er det vel få som tvilar på at kvarkar er like reelle som elektron. I det siste tiåret har eksperimentelle og teoretiske landevinningar vore av ein slik karakter at vi har fått ein innsikt i mikrokosmos som berre romantikarar ville ha trudd var mogleg for stutt tid sidan.

Alle veit i dag at protonet og nøytronet er samansett av kvarkar[2]) og at kvarkane har ein fridomsgrad som heiter farge (colour) og ein som heiter smak (flavour). Vi vonar idag at kreftene mellom materiepartiklane skal kunna sameinast på ein vedunderleg måte, og at det finst eit prinsipp-justerprinsippet eller gaugeprinsippet, som alle fundamentale krefter kan utleidast frå. Ved veldig små avstandar har vi kanskje berre ei krafttype! Vi kan gle oss over at det matematiske apparatet som mikrokosmos ser ut til å avspegle seg i ber nemna til dei to norske prestesønene Abel og Lie.

Med ein viss rett kan vi seia at moderne elementærpartikkelfysikk starta i 1932. Da bygde Cockcroft og Walton i Cambrigde den fyrste skikkelege partikkelakseleratoren. Dei fundamentale partiklane elektronet og nøytrinoet, protonet og nøytronet var kjende, og det er omtrent alt vi har bruk for når vi skal beskrive naturen ned til avstandar på 10^{-15} meter. At protonet og nøytronet nå er relegert til samansette system og som elementære system bytte ut med dei to smaksvariantane u og d av den fundamentale kvarken verkar kanskje som eit fattigsleg resultat etter femti års arbeid. Det ser ut som om så godt som alle lågenergifenomen, alt som skjer i vårt daglegliv, kan forklarast ved å bruke ein fundamental hadrondublett

$$\begin{Bmatrix} u \\ d \end{Bmatrix}$$

og ein fundamental leptondublett

$$\begin{Bmatrix} e \\ \nu \end{Bmatrix}$$

Dei andre fundamentale partiklane som er funne: Ein komplett ny familie med både hadrondublett

$$\begin{Bmatrix} c \\ s \end{Bmatrix}$$

og leptondublett

$$\begin{Bmatrix} \mu \\ \nu_\mu \end{Bmatrix}$$

vidare fragmenta

$$\begin{Bmatrix} ? \\ b \end{Bmatrix}$$

med tilordna lepton

$$\begin{Bmatrix} \tau \\ ? \end{Bmatrix}$$

som ingen i dag veit kor viktige er.

Men dèt var for ein stor del gjennom studiet av desse «overflødige» partiklane (med charm[3], særtal o.s.b.) at vi har lært å forstå at protonet og nøytronet er samansette og kva slags krefter som verkar på kvarkane som dei er samansatte av.

Den typen vekselverknad som er best forstått er utan tvil elektromagnetismen. Oppdagingane av Ørsted og Ampère i 1820 om at elektrisitet og magnetisme var knytte saman, førde til at Maxwell sameina begge kraftypene i sin elektromagnetiske teori i 1865. Gjennom arbeid av mange, der Dirac, Tomonaga, Schwinger og Feynman er dei mest

* Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

kjende, vart elektromagnetismen sameina med spesiell relativitetsteori og kvanteteori til kvanteelektrodynamikk (QED).

I klassisk fysikk var det eit strengt skilje mellom felt og materie, dette vart redusert da det vart oppdaga at det elektromagnetiske feltet var kvantisert og at feltet blir forplanta ved foton (γ) der fotona på mange måtar oppfører seg som materiepartiklar. På si side har materien egenskaper som karakteriserer klassiske felt. I justerteoriar er det likevel nyttig å skille mellom materiepartiklar og feltpartiklar (feltkvant) sjølv om begge er representerte ved kvantiserte felt.

I QED har materiepartiklane som fører med seg elektrisk ladning spinn ½ -dei er fermion, -feltkvantet som forplantar kreftene er fotonet som har spinn 1 og difor er eit boson.

Strukturen av kvanteelektrodynamikken blir essensielt bestemt dersom vi krev at fasene til materiefelta ikkje skal ha noko å seia for dynamikken.

Invariansen av dei dynamiske lovene under denne (fase) justertransformasjonen av fermionfelta

$$\psi(x,t) \longrightarrow \exp(i\theta(x,t))\,\psi(x,t)$$

kjem fram berre dersom det finst eit fotonfelt $A\mu$ som samstundes blir justert ved å legge til ein 4 divergens av fasefunksjonen: $A\mu \longrightarrow A\mu + e^{-1}\frac{\partial\theta(x,t)}{\partial x_\mu}$

Kravet om juster (gauge)invarians av materiefeltet tvingar derfor inn fotonfeltet og fotonet blir kalla eit justerboson eller eit gaugeboson. Multiplikasjonar av fasefaktorar $\exp(i\theta)$ dannar ei gruppe av transformasjonar U(1) som ein kallar ei justergruppe: U (1) er justergruppa for QED (Quantum electrodynamics)

Den moderne måten å konstruere teoriar for fundamentale vekselverknader på er å generalisere metoden som gir kvanteelektrodynamikk ved å bruke meir kompliserte justergrupper. I den verdifulle omtalen J. O. Eeg hadde av Nobelprisen i fysikk for 1979 i dette tidsskriftet[4]), viser han korleis Glashow, Salam og Weinberg brukte justergruppa SU(2) x U(1) til å lage ein sams teori for elektromagnetisme og veik vekselverknad. (Gruppa som vi kallar SU(2) blir omtala meir litt seinare. Kreftene som fører energien frå sola til oss og kreftene som får sola til å brenne er altså runne av det same prinsippet: justerprinsippet.

Det var lenge sett på som ein fundamental eigenskap hos gaugeteoriar at feltkvanta ikkje kunne ha kvilemasse. For fotonet var dette bra, Pioner X mælingar av magnetfeltet til Jupiter viser at kvilemassen til fotonet m_γ er mindre enn $4{,}5\cdot10^{-16}$eV/c^2. Dette vil seia at Coulombs lov er rett i alle fall ut til avstanden som den mellom jord og måne.

For feltkvanta Z_0, W^+ og W^- som ein meiner verkar i veik vekselverknad såg det altså ut som at justerprinsippet gav katastrofale resultat, det var kjent at massene av desse kvanta måtte vera tyngre enn tjuetusen elektron dersom ein ville forklare observasjonar. Det viste seg at ein kunne unngå denne vansken. Justerprinsippet legg krav på dei fysikalske lovene, ikkje på dei fysikalske tilstandane. Dersom ein gjekk ut frå at vakuum ikkje eintydig og ikkje justerinvariant kunne ein få massive justerboson. Det som bryt ned den oppgavelege justersymmetrien er altså at vakuumet ikkje er invariant under transformasjonane!

Den spesifikke mekanismen som blir brukt til å oppnå dette har namnet Higgsmekanismen etter ein av oppdagarane. For at justerteoriane med massive boson skulle kunne vera brukbare laut det også visast at dei gav endelege svar, at dei var renormaliserbare. Da studenten G. t'Hooft, ein elev av Veltman i Utrecht viste at dette var tilfelle (1971), forsto teoretikarsamfunnet at dei hadde eit konsistent matematisk apparat som kunne gje ei ny grunnleggande forståing av mikrokosmos. Glashows forslag frå Københavnertida hans (1961) til ein elektroveik teori bygd på justergruppa SU (2) x U (1) vart kjent som Salam-Weinberg modellen etter at dei hadde tilpassa Higgsmekanismen til teorien slik at dei veike feltkvanta vart massive.

Alle justergrupper er Liegrupper: kvar justertransformasjon er (i kvart romtidpunkt) funksjonar av kontinuerlege parameterar. For U (1) er det ein parameter (fasen) og U (1) er multiplikasjonsgruppa av fasefaktorar $\exp(\theta)$ der $\exp(\theta_1)\cdot\exp(\theta_2) = \exp(\theta_2)\cdot\exp(\theta_1) = \exp(\theta_1 + \theta_2)$. U (1) er kommutativ eller Abelsk.

Større justergrupper er generelt ikkje Abelske og bruken av desse er det som har ført til dei store framstega i moderne fysikk. Som eit eksempel på ei slik ikkje Abelsk gruppe kan lesaren ta gruppa SU (2) som for dei fleste formål er den same som rotasjonsgruppa i tre dimensjonar R (3). Ved å snu på ein fyrstikkask konstaterer ein at om ein fyrst gjer ein rotasjon på 90° omkring x-aksen Rx (90°) og så ein rotasjon ein vinkel 90° omkring y-aksen Ry (90°) så er resultatet Ry (90°) · Rx (90°) ikkje det same som om vi skifter rekkefylgje på rotasjonane og gjer Rx (90°) · Ry (90°).

SU (2) eller R (3) er ei treparametergruppe, kvar transformasjon er avhengig av vinkelen vi roterer og dei to vinklane som definerer rotasjonsaksen. Gruppa av nxn unitære matriser med determinant 1 kaller ein SU (n) og denne er ein funksjon av $N = n^2-1$ parameterar. Krev ein invarians av ein dynamisk teori når spinn 1/2 materiefelta blir multiplisert med ein (matrise)funksjon av N parameterar må ein ha N justerbosonfelt som ein kan justere, nett som ein justerer fotonfeltet i U (1) teorien som er kjend som kvanteelektrodynamikk. I den elektroveike teorien er det fire gaugeboson γ, Z_0, W^+ og W^- avdi SU (2)xU (1) har fire parameterar, tre for SU (2) og ein for U (1).

Ikkje Abelske justerteoriar har den forunderlege

eigenskapen at feltkvanta- justerbosona- som forplanter vekselverknaden sjølve er med og byggjer opp straumen av ladning. Feltkvanta er sine eigne kjelder og fordi dei då vekselverkar med einannan blir teoriane sterkt ikkjelineære. Dette er såleis karakteristiske eigenskapar for dei elektroveike bosona Z_0 og $W^{\pm}$. Studiet av desse partiklane, etter at dei blir funne, kjem til å bli ei av dei viktigaste oppgåvene for eksperimentell vitskap i dei komande årtier, nett som studiet av foton (γ) opptok fysikarar etter at Maxwells teori kom.

Dersom U (1) ikkje hadde vore Abelsk, ville fotonet ha hatt elektrisk ladning og all elektrodynamikk ville ha vore uhyggeleg komplisert. Teorien for vekselverknad mellom kvarkar som heiter fargedynamikk CD (colourdynamics eller i si feltkvantiserte form (QCD), quantum colour dynamics, har SU (3) som justergruppe. I denne ikkje lineære teorien er det da 3^2-1 = 8 justerboson med spinn 1 som forplantar kraftfeltet som limer kvarkane saman. Desse 8 bosona heiter gluon. Fargen på kvarkane er analog med og like fundamental for kvarkvekselverknaden som elektrisk ladning er for elektrodynamikken[5]). Bjørn Wiik snakka på siste fysikarmøtet (i 1981) om korleis dei er funne i e^+e^- annihilasjonar ved DESY.

Kvarkfridomsgraden SU(3) verkar over er altså farge, SU(3) matrisene er 3x3 og blandar saman dei tre fargetilstandane raud, kvit og blå som kvar type (flavour, smak) kvark er i. QCD er da teorien vi får ved å krevja at naturlovene skal vera invariante dersom vi multipliserer kvart kvarkmateriefelt med ei 3x3 matrise som kan variere frå punkt til punkt i romet. Ein raud kvark blir da send over i ei blanding av raud, kvit og blå. Denne blandinga kan vi om vi vil redefinere som raud. Justerprinsippet er her utsagnet om at det skal vera ein rein konvensjon kva vi kallar ei bestemt farge i kvart romtidpunkt. Dei ulike justerbosona induserer overgangar mellom fargefridomsgradane, ved å sende ut eit bestemt gluon kan ein raud kvark gå over i ein blå, ved å sende ut eit anna kan han gå over i ein kvit.

Ein må atter undre seg over kva som er så fundamentalt ved dette justerprinsippet, nå for farge, men resultatet er i allefall ein teori som ikkje er i strid med noko eksperiment.

Gravitasjonsteorien kan også byggjast opp frå eit justerprinsipp og det er difor mogleg at alle fundamentale vekselverknader har si rot i ein justerinvarians. Det er lett å forstå at etter at elektromagnetisk og veik vekselverknad vart sameina måtte teoretikarane prøve å lage GUTS (Grand Unified Theories) som sameiner elektroveik og sterk vekselverknad og SUSY GUTS (Supersymmetriske GUTS) som i tillegg til GUTS tek med seg gravitasjonen og. Det dei altså er ute etter er å sameine alle krefter i naturen i ein teori.

Medan SUSY GUTS ennå er mest rein spekulasjon er det eit eksempel på GUTS som har nådd ein stor grad av respektabilitet. Denne teorien, ein justerteori med SU(5) som justergruppe kan altså vera teorien for så og seia alt i mikrokosmos.

Det var S.L. Glashow som saman med H. Georgi kom med denne teorien i 1974. Med SU(5) som justergruppe er det altså 5^2-1 = 24 boson som forplantar kreftene. Av desse 24 har vi møtt ein del: fotonet (γ), W^+, W^- og Z_0 frå elektroveik, og dei åtte gluona frå QCD. Dei resterande 12 som ein kallar leptokvarkar har effekter som er grunnleggjande for forståinga av skapinga av universet og stabiliteten til materien. La oss ta et eksempel på effekten av ein SU (5) transformasjon. Han vil verke over materiepartiklane dr, dw, db, e^+, ν der dr er ein raud d kvark, dw ein kvit, db ein blå, e^+ er eit positron og ν eit antinøytrino. Det er her vilkårleg kva vi kallar desse partiklane, justerbosona justerer teorien til dette og ved å sende ut eit bestemt av dei 24 justerbosona kan ein av dei fem partiklane gå over i seg sjølv eller over i ein av dei fire andre. Gluona kan føre den raude, kvite eller blå d kvarken over i ein annan d kvark, dei elektroveike bosona (γ Z_0 $W^{\pm}$) gjev overgangar mellom leptona e^+ og ν. Men inga utsending av gluon eller $W^{\pm}$ kan føre ein kvark over i eit lett lepton. Protonet som er bygd opp av kvarkar vil da aldri gå over i eit positron jamvel om det er flust med energi som kunne bli sendt ut i stråling ved ein slik overgang.

Leptokvarkane er derimot justerboson som kan gje overgangar mellom kvarkar og lepton! Dette gjer at protonet ikkje lenger er stabilt, det kan desintegrere i eit positron og eit nøytralt pion. Gjer hydrogenkjernen dette vil positronet annihilere med elektronet til to foton, pionet desintegrerer også i to foton og hydrogenatomet går såleis over i fire foton eller rein strålingsenergi!

Nå har protonet ei levetid som er lenger enn 10^{30}år så i si levetid mister kvart menneske maksimalt eit hydrogenatom ved denne fullstendige 4γ annihilasjonen. Dersom levetida av protonet hadde vore stuttare enn 10^{16} år (universet er 10^{10} år) ville vi døydd av gammastrålinga. Marginen vi har her er såleis trygg, men levetida av protonet er kanskje så stutt at det kan observerast. Mange eksperiment er på gang for å prøve dette, teorien indikerer at 10^{31} år er det ein kan vente.

Det mest fascinerande ved at hydrogenatomet kan gå over i 4 foton er likevel at den inverse reaksjonen også da er mogleg. Det kan såleis oppstå hydrogen frå rein strålingsenergi og teorien kan gje overskot av materie relativt til antimaterie. Denne skapingsprosessen ville skjedd det fyrste mikrosekundet. Det essensielle ville ha skjedd etter 10^{-38} sek da universet hadde temperaturar på 10^{28}K. Så høg må temperaturen ha vore for at leptokvarkane X kunne bli skapt. Dei er nemleg ekstremt tunge, omtrent 10^{15} protonmasser.

Det er heilt uråd å forestille seg at nokon kan få gjort eksperiment ved slike energiar, LEP prosjektet

skal greie å produsere dei elektroveike feltkvanta $W^{\pm}$ og Z_0 som har masser forutsagt av SU(2)xU(1) teorien til å vera 99 og 86 protonmasser. Før GUTS var det ingen som forsto kor viktig det ville vera å finne ei endeleg levetid på protonet, nå ser vi at det kan gje tillit til ein teori som gjer det mogleg å forstå utviklinga av universet heilt bak til det fyrste 10^{-38} sekund. GUTS kan også kaste lys over daglegdags fysikk. Å rekne ut kor mange Coulomb ladninga på elektronet er, og derved å bestemme den inverse finstrukturkonstanten $\alpha^{-1} = 137$, er framleis ein draum, men Ellis og Nanopoulos har i SU(5) funne at $170 > \alpha^{-1} > 120$! Blandinga av U(1) og SU(2) i elektroveik teori som gjev elektromagnetismen kjem også rett ut. GUTS gjev for fyrste gong ei forklaring på kvifor elektrisk ladning er kvantisert til e/3. Alle materiepartiklar kan nemleg gå over i einannan ved utbytte av justerboson og fordi desse har bestemt ladning vil ladningspranga i all materie bli bestemt av ladninga som sit på feltkvanta. Ladninga på elektron må vera akkurat tre gonger ladninga på d kvarken. Det kan vera verd å minne om at det er ingen ting i elektrodynamikk som seier at det fins nokon form for elementærladning, langt mindre at hydrogenatomet må vera akkurat nøytralt. SU(5) gauge-teorien har potensiale til å beskrive universet fra dei kosmiske avstandar ned til 10^{-31} meter. Ved desse minste avstandar er dei elektromagnetiske, veike og sterke, kreftene like sterke og det er ein fullstendig symmetri mellom alle materiepartiklar. Teorien er på ingen måte ein teori som tek plassen til dei spesialiserte teoriane for elektroveik og sterk vekselverknad, SU(5) GUTen har desse som grensetilfelle ved låg energi.

SUSY GUTS prøver som sagt å sameine GUTS og gravitasjon og difor nå ned til avstandar som Plancklengden $\simeq 10^{-35}$ meter eller aldrar på universet på 10^{-42} sekund. Ved slike avstander og tider er vi på grensa der kvanteeffekter i gravitasjonen øydelegg all vår evne til å beskrive rom, tid og materie. Det er uråd nå å seia kva som skjedde i universet før det hadde gått 10^{-43} sekund da temperaturen var over 10^{32} K. Berre eit gjennombrot i forståinga av kvantisert gravitasjon kan flytte grensene nærmere tidspunktet da universet oppsto.

Mange ser kanskje på desse forsøka på å skape GUTS og SUSY GUTS som stormannsgalskap, men, for å sitere Sheldon Lee Glashow: «The arrogance of the physicist knows no bound!» Det er trass i alt ein ufarlig leik som ein må prøve seg på. Berre eksperiment kan vise kvar fantasien har ført oss på vidotta. I 1929 sa Rutherford: «The theoretical physicists have got their tails up, and it is time that we pull them down again».

Nå over femti år seinare er det bra at mange gjer desse orda til sine eigne.

Referanser:

1. F. Rosenberger: Die Geschichte der Physik.
2. F. Ravndal, FFV 1975 no. 2. side 25. F. Ravndal, FFV 1975 no 4. side 79.
3. J. Finjord, FFV 1976 no 4. side 75
4. J. O. Eeg, FFV 1980 no 2. side 27. J. O. Eeg, FFV 1980 no 3. side 69.
5. H. Høgåsen, FFV 1981 no 1. side 3.

Årsrapporter fra faglige grupper 1982

Akustikk

Utvalgets medlemmer:

Førstelektor Wilhelm Løchstøer, Fysisk institutt, Blindern.

Audiofysiker Gordon Flottorp, Rikshospitalet, Oslo.

Sivilingeniør Magne Kringlebotten, NTH, Trondheim.

Virksomheten har, som vanlig, vært det årlige faglige høstmøtet i samarbeid med Norsk Akustisk Selskap.

Møtet ble avviklet på NTH, Trondheim i dagene 30. og 31. oktober 1981 med 30 deltakere og 17 foredrag, hvorav ett var spesielt invitert.

I innbydelsen var spesielt fremhevet ønskeligheten av innlegg om temaene talesyntese og akustisk intensitetsmåling.

Wilh. Løchstøer.

Datafysikk og Maleteknikk.

Denne gruppen er nyetablert med et interimsstyre bestående av

Professor Anders Johnsson, Universitetet i Trondheim - NLHT.

Instituttingeniør Tore Høe Løvås, Universitetet i Trondheim - NTH.

Førsteamanuensis Bernhard Skaali, Universitetet i Oslo.

Valg av styre og en diskusjon om gruppens arbeid fant sted under årsmøtet i NFS.

Bernhard Skaali.

Generell teoretisk fysikk.

Etter plenumsmøtet i Trondheim 22 juni i fjor der 15 av gruppens 47 medlemmer møtte, var det enighet om at faglig gruppe for generell teoretisk fysikk bør beholdes. En liten gruppe, P. C. Hemmer, K. Mork og gruppens formann ble bedt om å se på mulighetene for å arrangere faglig møte/lite symposium i generell teoretisk fysikk i inneværende år. I lys av at det i vår ble avholdt et symposium i Trondheim i anledning professor H. Wergelands 70-års-dag, mener gruppen at et faglige møtet/symposium i generell teoretisk fysikk bør finne sted våren 1983. Gruppen foreslår at en tar opp emner fra statistisk mekanikk og partikkelfysikk og at det faglig møte/symposiet finner sted i Trondheim i vårsemesteret 1983.

Wergeland-symposiet, som omhandler emner innenfor generell teoretisk fysikk, ble arrangert av Det fysiske seminar i Trondheim 17. mars i år.

Haakon Olsen

Geofysikk, ionosfærefysikk.

Utvalgets medlemmer:

Førsteamanuensis Finn Søraas, formann, FI, Universitetet i Bergen. Forskningssjef Bernt Mæhlum, FFI, Kjeller. Førsteamanuensis Jan A. Holtet, FI, Universitetet i Oslo. Førsteamanuensis Asgeir Brekke, Institutt for matematiske realfag, Universitetet i Tromsø. Direktør Odd Dahl, CMI, Bergen.

Utvalget har hatt 5 møter siden august 1981. I forbindelse med at Norge ble assosiert medlem av ESA arrangerte utvalget et informasjonsmøte om ESA's vitenskapelige program på Hurdalsjøen Kurshotell 3. desember.

Forskningsraketten Polar 6 ble skutt opp fra Andenes 25 oktober.

På Ramfjordmoen har en utført flere eksperiment med HEATING-anlegget, og EISCAT er kommet i drift.

Forskningsvirksomheten på Svalbard fortsetter.

Ellers er forskerne innen fagområdet engasjert i instrumentbygging for satellittprosjektene SPACELAB 1, VIKING og OPEN.

Finn Søraas.

Partikkelfysikk

Gruppen har i 1981 ikke vært aktiv som gruppe.

Formannen har som vanlig hatt ansvaret for det tekniske opplegget av det nordiske møtet i partikkelfysikk på Spåtind høgfjellshotell. Siste gang i januar 1982.

Formannen var også med i bedømmelseskomiteen for Norsk Data's fysikkpris 1981. Fra 1981 er formannen dessuten valgt inn i styret for partikkelgruppen under EPS.

Egil Lillestøl

Plasma- og Gassutladningsfysikk.

Ovenstående gruppe har holdt sitt årsmøte for 1982. Det skjedde på Bardøla Høyfjellshotell den 4. februar i forbindelse med det årlig Plasma-symposium.

Symposiet, som var det 17. i rekken, ble støttet av Den Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, Norges almenvitenskapelige forskningsråd og Norsk Fysisk Selskap. Spesielt inviterte foredragsholdere var denne gang professor K. B. Dysthe, Tromsø og forsker Hans Persson, KTH, Stockholm.

I tilknytning til symposiet holdt gruppen sitt årsmøte og valgte følgende personer til det faglige utvalg: Asbjørn Kildal, Oslo, Helge Skullerud, Trondheim, Jan Trulsen, Tromsø, Alf Øyen, Matematisk Institutt, Universitetet i Bergen. Sistnevnte er utvalgets formann og står også ansvarlig for arrangementet av neste års Plasma- og Gassutladningssymposium.

Bortsett fra å velge nytt fagutvalg, diskuterte gruppen Olje & Energidepartementets avslag på Bergensfysikernes søknad om støtte til bygging av et fusjonseksperiment ved Universitetet i Bergen. En ble på møtet enig om å reagere på OED's avslag. Plasmafysikerne i Bergen ble anmodet om å skrive et brev til NAVF og OED, hvori denne reaksjon kommer til uttrykk.

Asbjørn Kildal.

Fysikkundervisning.

Gruppas medlemmer: Svenn Lilledal Andersen, Ingerid Hiis Helstrup, Erlend Østgaard.

Gruppe for fysikkundervisning leverte den 24.4.81 til NFS en utredning om fysikkdager for gymnasiaster. Svenskene har hatt en slik ordning i noen år. Fysikkdager etter svensk mønster ville bli forholdsvis kostbare og kanskje vanskelige å finansiere. Formålet med fysikkdagene skulle være å gjøre fysikkstudiet ved våre Universiteter og Høgskoler bedre kjent blant elever i Den videregående skolen.

Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo har i en årrekke tatt imot elever fra gymnaset. De har fått en omvisning og ofte en populærforelesning om fysikk.

Gruppa har diskutert dette opplegget og foreslo for NFS den 24.2.82 at man tok initiativ til at de andre fysiske institutter ved våre Universiteter og Høgskoler også inviterer skoleklasser fra Den videregående skolen på noen timers besøk. Gruppa for fysikkundervisning vil arbeide videre med dette forslaget. Forøvrig deltok en av gruppas medlemmer i det årlige møtet av engelske realfagslærere i Canterbury, England.

Svenn Lilledal Andersen.

Faste stoffers fysikk

Utvalget har bestått av Arne Skjeltorp (formann), Jan S. Johannessen og Torstein Jøssang.

En rapport over faststoff aktivitetene i Norge er distribuert. Interesserte kan få denne ved henvendelse til formannen.

De spesielle forskningsaktivitetene (for det meste lokalisert i Oslo- og Trondheim-områdene) er bemanningsmessig så små at rene norske møter utover det årlige fysikermøtet ikke er aktuelle. Norske faststoff-fysikere deltar imidlertid aktivt i den omfattende faglige aktivitet på internasjonalt og nordisk plan.

Av aktivitet på nordisk plan det siste året kan nevnes at utvalget deltok i programarbeidet og arrangementet av «Nordic Solid State Conference», København, august 1981, og hjalp også til med å finansiere reise og opphold for 6 yngre forskere dit. Ellers nevnes arrangementet av «Det 10. nordiske halvleder møte», Rosinge, Danmark, 9.-11. juni 1982 og «Nordic Conference on Surface Sciences» som holdes i Tampere, Finland, høsten 1982.

T. Jøssang

Kjernefysikk.

Det faglige utvalg består av Jan Vaagen, Bergen, John Rekstad, Oslo og Torgeir Engeland (formann), Oslo. Jan Vaagen ble innvalgt i utvalget i forbindelse med Fysikermøtet 1981 i Trondheim.

Arbeidet i utvalget har fulgt tradisjonelle linjer. Dette skyldes i stor grad at de økonomiske rammer vi arbeider under, setter sterke grenser for nytenkningen.

I dagene 22/3 til 24/3 ble «The 4th Bergen Workshop in Nuclear Physics, 1982» arrangert av våre kolleger i Bergen. Den hadde i år spesiell stor tilslutning med 34 deltakere fra 7 land. Emnene som ble behandlet, dreiet seg om nye utviklingstendenser i kjernefysikken knyttet til tungione akseleratorene.

Som i flere tidligere år har utvalget gjentatt sin søknad til «Nordiska Forskarkurser» med tanke på å arrangere en Vinterskole i kjernefysikk, denne gangen for 1983. Underhåndsinformasjon tyder på at mulighetene er lyse.

Utvalget vil i denne forbindelse sterkt anbefale Norsk Fysisk Selskap allerede nå å utpeke en ny gruppe til å søke «Nordiska Forskarkurser» om midler neste gang. Kjernefysikkutvalget regner med at tiden er inne til å skifte, uansett utfallet av årets søknad.

I dagene 16/8 til 20/8 1982 blir det arrangert «Nordic Meeting on Nuclear Physics», denne gangen av våre danske venner. Møtet skal holdes ved Fuglsøcentret, Djursland på Jylland. Dette inngår i serien av nordiske utvekslingsmøter i kjernefysikk. Etter regelen skal neste holdes i Finland.

Forøvrig kan det meldes om stor og utbytterik aktivitet ved Syklotron Laboratoriet i Oslo med deltakere fra Bergen og flere av våre naboland.

Torgeir Engeland.

Biofysikk

Styret består av T. B. Melø, formann, K. Eik-Nes, A. Dahler, E. Sagstuen, E. Boye.

De ulike delene av biofysikken i Norge er lokalisert stort sett i Trondheim og Oslo. I Oslo drives biofysikk delvis ved Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, under ledelse av prof. T. Henriksen, og delvis ved Norsk Institutt for Kreftforskning, under ledelse av prof. T. Brustad. I Trondheim drives biofysikk både ved Lærerhøgskolen, Fysisk Institutt, under prof. A. Johnsson, og ved Norges Tekniske Høgskole, gruppen for biofysikk under prof. K. Eik-Nes.

På hvert av disse stedene er aktivitetsnivået høyt, og disse har alle sine spesielle interessefelter. Det er god kontakt mellom de ulike delene av biofysikkmiljøet i Norge, men denne skjer på det uformelle og personlige planet.

Det er bestemt at vi vil sammenkalle til et norsk møte i kommende høstsemester i Trondheim. Slike møter vil vi ha annenhvert år i framtiden, og vi vil på disse møtene diskutere forskningsprosjekter og undervisningsspørsmål.

Thor Bernt Melo.

Retningslinjer for manuskripter til FRA FYSIKKENS VERDEN

Adresse: Til redaktørene sendes manuskripter for artikler, bokanmeldelser, møtereferater, leserinnlegg, korrektur, notiser og små meldinger. - Til redaksjonssekretæren sendes annonser.
Postadresser finnes på bladets omslag.

Korrektur: En går ut fra at mottatte manuskripter er fri for feil, og en kan ikke regne med å gjøre forandringer etter at førstekorrekturen er returnert til trykkeriet. Normalt foretas korrektur og uttegning av redaksjonen, men dersom forfatteren ønsker å foreta første-korrektur selv, blir avtrykk tilsendt så snart artikkelen er satt.

Særtrykk: Disse bør bestilles samtidig med innsending av manuskriptet. Bestilling mottatt etter at et hefte er trykt og utsendt, kan bare effektueres dersom offset-platene er oppbevart. Eventuell om-ordning av tekst og/eller figurer krever ny plate og fordyrer trykningen. Særtrykkene faktureres til selvkost. Minste betilling er 25 eksemplarer. Normalt leveres de uten omslag.

Manuskripter: Generelle retningslinjer vil en finne bl.a. i:Rapportskriving. Universitetsforlaget (1971); og *Ove Høeg:* Vitenskapelig forfatterskap. Universitetsforlaget (1968). Spesielt skal fremheves: tabeller innskutt i teksten bør unngås. Maksimum 2 stk. 1-spalte figurer pr. trykt side. Enkle matematiske formler og uttrykk settes fortløpende. Eks.: $y = (ax + b)/x^2$; $t_2 = t_1(1 + \exp(t/RC))^{-1}$. Vektorer må symboliseres med pil over bokstavsymbolet; men streker, piler o.l. over eller under bokstaver og tall må tilføyes særskilt, derfor bør de unngås såvidt mulig. Redaksjonen har prøve av alle de bokstaver og tegn som setteriet rår over, og kopi kan sendes på anmodning. Symboler med indeks på indeks, eks.: A med indeks T_0, er uønsket.

I bokanmeldinger brukes skriftstørrelsen petit, og man har ennå sterkere begrensning, bl.a. i muligheter for å bruke matematiske tegn, og symboler med indeks. Redaksjonen må forbeholde seg rett til å gjøre forandringer i manuskriptet når settevansker oppstår.

Figurer trykkes normalt med bredde 1 spalte (= 72 mm) eller mindre. Når figurens utforming og innhold gjør det nødvendig, kan bredde på 1½ spalte trykkes (108 mm). Figurer som krever større bredde enn dette, er uønsket. Til figurfremstilling kreves originaler med gode konturer og kontraster, og tydelige streker i strektegninger. Fotografier har tendens til å bli «grå» i tonen ved reproduksjonen. Tegninger må utføres slik at når de reduseres til trykkestørrelse, blir linjene ikke tynnere enn 0,15 mm og bokstavene minst 1,5 mm høye.

Artikkelens lengde skal ikke være mer enn 4-5 trykte sider, figurer inkludert. (Ca. 10 maskinskrevne A-4 sider med dobbelt linjeavstand.)

Innlevering: Heftene sendes ut ca. 15de mars, juni, september og desember. Ca 1½ måned før blir manuskripter sendt til setting. Dette blir da tidsgrensen for innsending av artikler, referater o.l. Små-notiser inntil 10-15 linjer kan tas ennå ca. 2 uker senere. Redaksjonen forbeholder seg å prioritere inntaket av stoff som mottas.

Trondheim, september 1982.

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim - NTH

Norsk Fysisk Selskap

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

Styre: Dosent R. S. Sigmond, NTH, Trondheim.
Amanuensis Noralv Bjørnå, Universitetet i Tromsø.
Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo, Blindern.
Førstelektor K. Myklebost, Universitetet i Bergen.

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

Postgirokonto: 5 88 38 89.
Bankgirokonto: 5102.20.16001.

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Høgskolelektor Knut Jostein Knutsen
Granlivn. 24, Ugla, 7000 Trondheim
Førsteamanuensis Hans Kolbenstvedt
Fysisk institutt, NLHT,
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.
Forsker Jan Myrheim, NORDITA, NBI, Blegdamsvej 17, 2100 København Ø, Danmark.
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. 50,00. Årsabonnement for studenter og skoleelever kr. 25,-.

Sekretær:
Gudrun Græsmann.

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

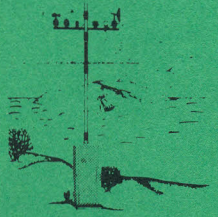
Postgirokonto: 5 10 47 24
Bankgirokonto: 8601.36.12279

Data Collection.....

AANDERAA INSTRUMENTS has been developing and manufacturing oceanographical and meteorological data recording instruments since 1966.

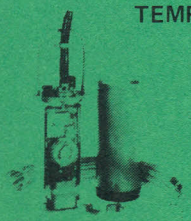
The PRODUCTS are designed for long term unattended operation and are known for high quality and reliable performance.

WEATHER STATION



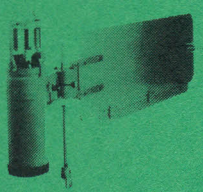
This solar powered station is designed for automatic recording/telemetering of data. A total of 10 different sensors can be employed.

TEMPERATURE PROFILER



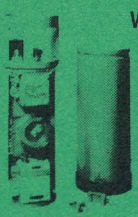
for recording of temperature profiles in the sea or lakes, consisting of a recording unit and an 11 point thermistor string. The string is available in lengths up to 100 meters.

CURRENT METER



for recording speed, direction and water temperature of the ocean currents. Provided with sensors for pressure and conductivity when required.

WATER LEVEL RECORDER



for determining water level by precise measurement of the hydrostatic pressure at the sea bed.

Request datasheets for detailed information.

AANDERAA INSTRUMENTS
DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND SEA AND AIR

FANAVEIEN 13
P.O. BOX 160
5051 BERGEN, NORWAY
TEL. (05) 27 40 30
TELEX 40049

N.T.H.-Trykk
Trondheim