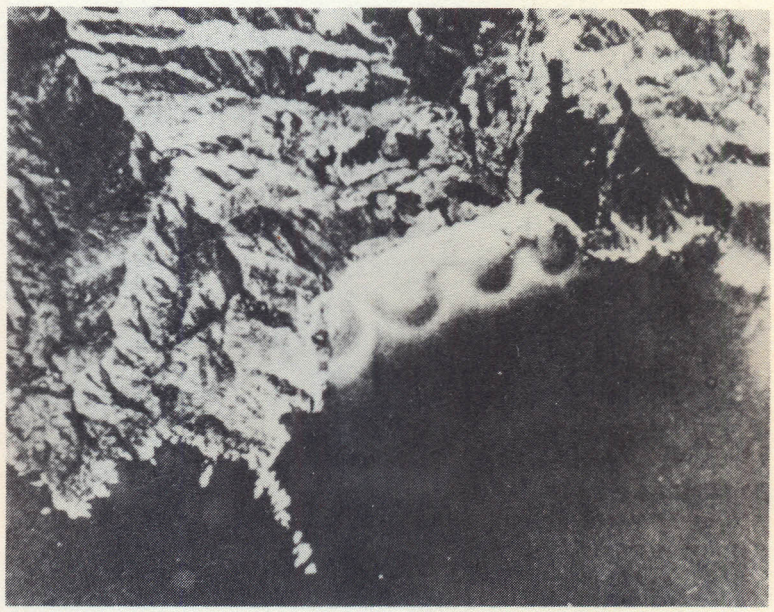
# Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD


| | |
|---|---|
| Frå redaktøren | 1 |
| Reisestipend | 1 |
| Fysikermøtet 1981 | 2 |
| Nye medlemmer | 2, 16 |
| EPS generalforsamling | 2 |
| Innkalling til årsmøte 1981 | 2 |
| Fargeisomere i kvark-materie? | 3 |
| Generell relativitetsteori med spinn og torsjon | 6 |
| Opplæring i problem-løsningsmetodikk gjennom laboratorie-forsøk | 9 |
| Kvantefenomener i mole-kylarbiologien Del 2 | 18 |
| Havbølger og fysikk. Del 2 | 20 |
| Bøker | 2, 8, 16 |

*Flyfoto av havbølger mot strand, - se artikkel side 20.*

Nr. 1 - 1981
43. årgang
ISSN-0015-9247

# KURSSENTERET Institutt for energiteknikk

(TIDLIGERE DEN NEDERLANDSK-NORSKE REAKTORSKOLEN)

## KURS VÅREN 1981

### DATABEHANDLING

| | |
|---|---|
| 27/4-29/4 | Bruk av NORD 10/100 |
| 11/5-15/5 | PASCAL |
| 18/5-22/5 | Videregående FORTRAN |
| 1/6- 2/6 | INTERCOM |
| 3/6- 4/6 | NOS/BE, operasjonssystem for Control Data CYBER 74 |

### ANDRE KURS

| | |
|---|---|
| 29/3- 9/4 | NATO Advanced Study Institute on Nonlinear Phenomena at Phase Transitions and Instabilities. (Bardøla Høyfjellshotell, Geilo). |
| 10/5-15/5 | Simuleringsmodell for kontinuerlig støping av aluminium (Ustaoset Høyfjellshotell). (Lukket kurs for inviterte bedrifter). |

**Nærmere opplysninger og søknadsskjema fås ved henvendelse til**
**Kurssekretær Gerd Jarrett**
**Kurssenteret**
**Institutt for energiteknikk**
**Boks 40, 2007 Kjeller** **Tlf. (02) 712560**

# Fra Fysikkens Verden

## Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 1 - 1981

Redaktør: OLAV STEINSVOLL
Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

42. årgang
ISSN-0015-9247

## FRÅ REDAKTØREN

Den 9. november 1979 kl. 1050 var verda nær den 3. verdenskrigen. Då byrja ei datamaskin i USA å varsla om at russiske rakettar var på veg. Automatisk vart alt gjort klart til eit motåtak, rakettsiloane vart opna, fly gjekk på vengene osv. Etter ti minutt i alarmtilstand greidde menneskja å stanse teknikken, - ein del i datamaskina var gått sund.

Førre dagen kunne ein lese om korleis mange av vaktarane av dei kjernefysiske stridseiningane rava ikring i narkotikarus. Tilsvarande meldingar har vi høyrt før, år om anna. Eit kjernefysisk ragnarokk på grunn av uhell er difor ein mogeleg realitet.

Massemedia er fulle av diskusjonar om ny atomopprusting, MIRV, SALT II, førehandslagring, Afganistan, maktbalansen i verda, strategi og taktikk osv. Unge menneske vert stilt andsynes realitetar og ei verd dei ikkje skjønar. Det kviler difor eit stort ansvar på skuleverket at det kan orientera og gje svar på dei elevane er opptekne av. Lærarane ved fleire skular har no teke eit krafttak for å setje seg inn i desse problema som eigentleg krysser alle faggrenser, frå naturfaga over i teknikk, historie, samfunnsfag, religion og etikk.

Krigsteknikken, taktikk og strategi endrar seg likevel frå dag til dag og det er hardt å følgje med. Kreftene som styrer utviklinga kan vera at forskarar og teknikarar finn det nye fagleg interessant, eller at økonomiske tilhøve og forteneste spelar inn. Store ressursar og energi vert etterkvart bundne i våpensystem og atomladningar. Kvart menneske på jorda kan no tilordnast ei kjernefysisk sprengkraft som tilsvarar fire tonn TNT.

Mykje av innsikten i funksjon og verknad av dei nye våpna kan vi diverre få frå fysikken og kjemien, og dei byr oss analogiar som vi kan nytta for å klara opp tanken. Det vert nytta ord som balanse og ubalanse, labil og stabil likevekt. Verdien av eit våpen er i første tilnærming bestemt av faktorar som ladningsstorleik, rekkjevidde, treffsannsyn og kor usårleg våpnet er. Den strategiske balansen vert bestemt av summen av slike funksjonar på både sider, og vi er framme ved ein analogi med skålvekta. Om vi dyttar på ei stabil vekt, kjem det straks tilsyne krefter som driv systemet attende til likevekt. Dette kjenneteiknar og eit godt sikringssystem. Om eit uhell eller ei mistyding fører til «brann» ein stad bør det automatisk utløysast krefter som sløkkjer han, anten ved at «temperaturen» vert nedsett eller at ein fjerner dei «brennbare» sakene frå staden.

Vi bør alle læra meir om kva opprustinga og våpenkapplaupet inneber slik at vi kan gje ungdomen fakta og rette svar på kva som er røyndomen i vår tid. Det finst gode artiklar om dei nye våpna og utviklinga av den strategiske tenkinga i dei siste årgangane av Scientific American, Bull of Atomic Scientists, Science og Nature. Det siste året er det kome fleire norske bøker om emnet. Det skulle vera mogeleg å formidla ei objektiv framstilling av krig/fred problema utan at det gjev grunnlag for ei undergangsstemning mellom elevane, men vi skal ikkje vera blinde for at mange kjenslevare elevar vil reagere. Vi må ikkje miste motet, men gjera konstruktive freistnader for å bryta den vonde sirkelen av mistru og opprusting som vi er inne i. Eg trur alle er overtydde om at bruk av kjernefysiske våpen er ei umoraralsk handling og eit brotsverk mot alt liv på jorda, men er det så meir moralsk **å truga** med bruk av dei?

---

### Reisestipend til EPS' generalkonferanse i Istanbul.

Styret i NFS har bevilget inntil kr. 3000,- til reisestipend til EPS' generalkonferanse i Istanbul 7.-11. sept. 1981. - Søknad sendes Selskapets sekretariat innen 15. april 1981.

### Reisestipend til Fysikermøtet i Trondheim for lærere i den videregående skole.

Styret i Norsk Fysisk Selskap har bevilget inntil kr. 3000,- i reisestipend for medlemmer som arbeider i den videregående skole og som ønsker å delta på Fysikermøtet i Trondheim 22.-24. juni 1981. - Søknad sendes Selskapets sekretariat innen 15. april 1981.

## FYSIKERMØTET I TRONDHEIM 1981

Fysikermøtet 1981 arrangeres i Trondheim 22.-24. juni. Møtet finner sted ved det nye Universitets-senteret på Dragvoll.

Programmet for møtet nærmer seg nå sin endelige form. Gjennom oversiktsforedrag vil en forsøke å få frem noe av den utvikling som finner sted innenfor de enkelte områder av fysikken. Richard Epstein, NORDITA, København, vil fortelle om den senere utvikling innen astrofysikken. Bjørn Wiik, DESY, Hamburg, vil gi oss en oversikt over de nyeste tingene som har skjedd i partikkelfysikk. Anders Ehrenberg, Stockholms Universitet vil tale om noen biofysiske anvendelser av NMR. I tilknytning til de debatter som finner sted om energiproblemer vil Jørgen Løvseth gi en oversikt over våre energiressurser.

Fysikkrådets nye formann, Tormod Henriksen, vil fortelle oss om norsk fysisk forskning og Fysikkrådets rolle i forskningspolitikken. Hans foredrag har tittelen: «Utviklingstendenser i norsk fysikk». En venter at emnet fanger interesse, og at det er mange som har en formening om norsk fysikkforskning. Det blir derfor i tilknytning til Henriksens foredrag en paneldebatt: «Om fysikkens fremtid i Norge».

Norsk Fysisk Selskaps årsmøte finner sted tirsdag 23. juni og om aftenen er det festmiddag - det er St. Hansaften. Kvelden før, 22. juni er det omvisning på Musikkhistorisk Museum på Ringve. Vi håper at riktig mange finner vegen til Trondheim i år.

*Arrangementskomiteen.*

---

*Medlemmer opptatt på styremøtet 17/10 1980:*
Professor Scott Desjardins, Dept. of Physics, University of Rhode Island, USA.
Vit.ass. Alf Daniel Pettersen, Inst. for eksperimentalfysikk, NTH, Trondheim.
Cand.real. Svein L. T. Sivertsen, 1314 Skui.
*Studentmedlem:*
Johan Hauknes, Inst. for Teoretisk Fysikk, Universitetet i Oslo.

---

## BLI MED TIL EPS GENERAL CONFERENCE, Istanbul 7.-11. september 1981

I forbindelse med denne konferansen har vi fått tilbud fra PRISMA TOURS: Avreise Oslo 5. sept., retur 12. eller 17. sept. Flytur Oslo/Istanbul tur/retur, opphold hotell Macka m/frokost, 7 netter, kr. 3.515,- + ferieskatt kr. 100,-. Enkeltromstillegg kr. 435,-. I tillegg tilbys 6 dagers rundreise med buss: Istanbul, Canakkale, Kusadi, Troya, Pergamon, Epheus, Ismir, Bursa, Istanbul. Full pensjon kr. 1.995,-, enkeltromstillegg kr. 415,-. Interesserte bes ta kontakt med sekretæren, Gerd Jarrett.

## INNKALLING TIL ÅRSMØTE 1981

Det innkalles herved til årsmøte i Norsk Fysisk Selskap tirsdag 23. juni 1981 kl. 13.00 ved Universitetet i Trondheim.

**Saker som skal taes opp under eventuelt må være innkommet til styret innen 1. juni.**

**Sakliste:**

1. Referat fra årsmøte 1980 (se FFV nr. 4/1980)
2. Årsmelding
3. Rapporter fra de faglige utvalg
4. Rapport fra Norsk Fysikkråd
5. European Physical Society
6. International Union of Pure and Applied Physics
7. Fra Fysikkens Verden
8. Regnskap for 1980 for NSF og FFV
9. Budsjett for 1981 og 1982 for NSF og FFV
10. Valg:
    a) viseformann og 1 styremedlem
    b) revisorer og valgkomite
    c) Norsk Fysikkråd
11. Fysikermøtet 1982
12. Eventuelt

Kjeller, 22. februar 1981
**Styret**

## Bøker

*E. A. Spiegel og J. P. Zahn (eds.):* Problems of Stellar convection.
Proceedings IAU Colloqquium No. 38, Nice 1976.
I serien: «Lecture notes in Physics».
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1977, 363 sider, DM 31.-.

Konvektiv energi-transport er av fundamental betydning i teorien for stjernenes indre oppbygging og dermed for et av de mest frodige forskningsfelt i astrofysikken -teorien for stjernenes utvikling.

I store trekk kan vi følge en stjerne fra fødselen som en kondensasjon i en interstellar støv-sky som faller sammen under egne tyngde, til de siste stadier som mørk dverg-stjerne eller som et svart hull. Livsløpet for en stjerne omfatter mange stadier og i teorien finnes det en rekke svake punkter. Et av dem er teorien for konveksjon. Er resultatene fra «mixing-length» - teorien uholdbar vil det få store konsekvenser. I dette referat fra et kollokvium arrangert av Den Internasjonale Astronomiske Union, er en rekke problemer både innen selve teorien og i anvendelsene tatt opp til diskusjon av de fremste forskere på feltet.

Innledningen er i beste Spiegel-stil. Flere av bidragene stammer fra hans «skole» - «the New York convective collective».

Det første av bokens kapitler har rimelig nok tittel: «The Mixing-Length Theory». D. Gough har her en utmerket oversiktsartikkel og ekteparet Böhm-Vitense behandler med stor grundighet hva stellarspektrografien sier oss om konveksjon i stjerneatmosfærer.

To artikler i kapitel 3 er om solens granulasjon. Her har også forvillet seg inn en oversikt over konveksjon i meteorologi. Numerisk simulering av konveksjon er temaet i 4. kapittel. Modeller av konveksjonssonen på solen er her behandlet av N.O. Weiss, mens E. Graham i et kort innlegg omtaler resultater for kompressible medier. I femte kapittel behandles konveksjon i ro-

forts. fra side 8

# Fargeisomere i kvarkmaterie?

*Hallstein Høgåsen**

Alle veit i dag at protonet og nøytronet korkje er punktforma eller elementære. Dei er samansette av tre mindre partiklar som ein kallar kvarkar[1]). Det er sytten år sidan kvarkhypotesen vart sett fram av M. Gell-Mann og G. Zweig for å gje ei materialistisk forklaring på observerte symmetriar hos det som den gongen var sett på som elementære partiklar. Vi held fram med å kalle desse partiklane for elementærpartiklar, dette er same slags språkbruk som når vi kallar kjerne-elektronsystem for atom.

Namnet kvarkmodellen for elementærpartiklar heng i ennå, sjølv om det nå er eksperimentalt bevist at det som blir kalla modell er sjølve sanninga.

Dei fyrste av dei mest eintydige eksperimenta vart gjort i Brookhaven, Stanford, Frascati og Hamburg i november 1974. Det vart da oppdaga to tunge meson som såg ut som om dei var tilstandar der ein tung kvark C var bunden saman med sin eigen antikvark C til eit meson[2]). Masssen til sjarmkvarken er så stor at CC systemet blir ikkjerelativistisk. Ved å gjera kloke valg av veselverknadspotensialet kan ein da bruke Schrödingerlikninga til å forutseia mengdevis av energinivå og strålingsovergangar mellom desse nivåa.

Eksperimentelle observasjonar av desse nivåa som vart forutsagt viser at kvarkane må eksistere. Ein veit ikkje ennå eintydig korleis kreftene mellom C og C er. Ei stor mengde potensial gjev teoretiske resultat som er i samsvar med observasjonane. Mellom teoretikarane er det likevel ein type vekselverknad som blir sett på som den mest lovande. I 1979 kanoniserte Nobelkomitéen den samlande teorien for elektrisk og veik vekslverknad som er ein $SU_2$ x $U_1$ gaugeteori.[3])

Teorien for kvarkvekselverknad som heiter kvantefargedynamikk (Quantum Colour Dynamics = QCD) er også ein gaugeteori der $SU_3$ er gaugegruppa over fargefridomsgraden. Dette vil seia at kvarkdynamikken kan utleidast ut i frå prinsippet om at dei dynamiske lovene skal vera invariante dersom kvarkfelta blir mulitplisert med $SU_3$ matriser som varierer frå punkt til punkt i romtidkontiniumet.

*Analogi mellom fargedynamikk og elektrodynamikk.*

Ein må vel vera teoretikar for å ane at eit slik utsagn sier noko om naturen. Men all den tid at kvanteelektrodynamikk (QED) også er ein gaugeteori, skulle det vera rimeleg å forstå at det er mange analogiar mellom elektrodynamikken (der gaugegruppa er $U_1$) og fargedynamikk.

I kvarkfysikk blir ordet farge brukt om det som i atomfysikk tilsvarar elektrisitet. Fargeladninga er kjelda for gluonfelt[4]) nett som elektrisk ladning er kjelda for fotonfeltet. Utbyte av gluon mellom kvarkar, fører til at dei bitt seg saman til elementærpartiklar analogt til at utbyte av foton mellom elektron og atomkjerner bitt desse saman til atom.

Det som i kvarkmaterie tilsvarar eit nøytralt atom er eit fargenøytralt system eller ein fargesinglett. Ein vesentleg skilnad på dei to teoriane ligg i at vi har åtte gluonfelt og berre eitt fotonfelt. Vidare har gluon fargeladning medan fotonet ikkje har elektrisk ladning. Dette fører til at QCD er ein veldig komplisert teori. Medan lysstråler går uhindra gjennom einannan vil gluonstråler verke sterkare inn på einannan enn elektronstråler gjer. Fargedynamikken er såleis i sin natur ikkjelineær og minst like uhandterleg som den gode gamle Navier-Stokes likninga i hydrodynamikk. Vi kan rekne ut veldig få ting som vi kan ha tillit til og det er difor vanskeleg både å verifisere og falsifisere QCD. I visse grenseområde, for små avstandar og store impulsovergangar, kan ein i prinsippet linearisere teorien og bruke perturbasjonsrekning. Det er likevel omdiskutert kor små avstandane må vera for at dette skal ha noko for seg. Ein ting er i alle fall sikkert: ved avstandar som tilsvarar storleiken på proton/nøytron og pion er dei ikkje-lineære effektene svært viktige. Det er ved hjelp av dei ein vonar å kunne forklare at berre fargesinglettar er observerte som fri partiklar. Fargefengsling (colour confinement) er namnet på dette, og all den tid ingen har klart å bevise det frå QCD, er fargefengsling innført som det viktigaste prinsipp i kvark og gluonspektroskopi. Det «forklarar» at frie kvarkar ikkje fins avdi dei er fargetriplettar 3. Ein kvark Q er i ein fargetilstand som ein kallar raud, kvit eller blå eller i ein lineærkombinasjon av desse Ein antikvark $\overline{Q}$ har fridomsgradane antiraud, antikvit eller antiblå.

*Addisjonsreglar for fargemultiplettar.*

Ved å kjenne addisjonsreglane for $SU_3$ fargemultiplettar ser ein kva kvark og antikvarkkombinasjonar som kan gje fargesinglettar 1 som tilsvarar fri partiklar som vi kan observere. $3 \times 3 = \overline{3} + 6$ vil seia at av to fargetriplettar 3 kan vi lage ein antitriplett $\overline{3}$ eller ein sekstett.

På same måte er:

$3 \times \overline{3} = 1 + 8$

$3 \times 6 = 8 + 10$

$\overline{3} \times 6 = 3 + 15$

---

H. Høgåsen fekk Norsk datas fysikkpris for 1980, og fortel her om kva han fekk han for.

* Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

$8 \times 8 = 1 + 8 + 8 + 10 + \overline{10} + 27$
$\overline{6} + 6 = 1 + 8 + 27$

Addisjonsreglane for farge er ikkje så greie som for elektrisk ladning, men ikkje noko verre enn dei kvantemekaniske addisjonsreglane for impulsmoment. At ein kan legge saman triplett 3 og antitriplett $\overline{3}$ og få ein singlett 1 som er eit fargenøytralt system er svært så greitt, men legg merke til at ein kan legge saman to triplettar til ein antitriplett i farge. (Det skulle vorte ei rar verd om ein kunne sett saman to elektron slik at dei fekk same ladning som eit positron.) Med $SU_3$ fargeaddisjonsreglane overbeviser ein seg lett om at dei einaste fargesinglettar er meson av forma $Q\bar{Q}$, $QQ\bar{Q}\bar{Q}$, $QQQ\bar{Q}\bar{Q}\bar{Q}$... og baryon av forma QQQ, $QQQQ\bar{Q}$, $5Q2\bar{Q}$ osv. Vi kan aldri lage fargesinglettar av Q, QQ, $QQ\bar{Q}$, QQQQ og dette forklarar etter prinsippet om fargefengsling at slike kvarkkombinasjonar aldri er sett som frie partiklar.

*Kva er fargefengsling?*

Prinsippet om fargefengsling er ekvivalent med å seia at dei fargeelektriske kreftene mellom fargeladningar har uendelig rekkjevidde. Det er sannsynleg at dei er nokså uavhengige av avstanden mellom fargeladningane, slik at eit tilsvarande potensial skulle vera tilnærma lineært når avstanden blir stor. Dei fargeelektriske feltlinene er samla i eit røyrliknande område der fargeladningane som er kjelda for feltlinene sit på kvarkane ved endane. Prøver vi å dele eit proton ved å dra ein kvark unna dei to andre, vil vi måtte bruke eit arbeid som går med til å separere triplettladninga på kvarken frå antitriplettladninga på QQ systemet. Det blir da større og større energi i systemet, heilt til det blir skapt eit nytt $Q\bar{Q}$ par slik at det fargeelektriske fluksrøyret deler seg. Vi har prøvt å lage ein figur av dette.

Fig. 1. Strekking av eit baron til det blir skapt eit $Q\bar{Q}$ par slik at vi endar opp med eit baryon pluss eit meson.

Denne figuren illustrerer også korleis eit eksistert QQQ baryon desintegrerer - eksitasjonsenergien går med til å skape eit $Q\bar{Q}$ meson og til kinetisk energi. Fordi dei fargeelektriske feltlinene er triplettliner kan dei delast ved at det blir skapt eit triplett antitriplettpar. Eksiterte baryon med struktur som midtfiguren på fig. 1 har typiske levetider på $\sim 5 \cdot 10^{-24}$ sek og fleire hundre slike er kjende.

*Kvarkfarge fører til isomere tilstandar hos meson.*

Nå var det brukbare kvarkmodellar før kvarkane fekk farge også. Så lenge dei fargeelektriske feltlinene som her endar på triplettar og antitriplettar, er fargedynamikken nokså lik teorien for duale strengar. Det vi gjerne skulle påvise er effekter som er spesifikke for kvarkar med farge, og som helst har ein slik kvalitativ karakter at det ikkje er til sjenanse at detaljar er vanskelege å rekne ut. Ein slik effekt kunne vera at vi får fleire tilstander i ein teori med farge enn i teoriar med fargelause kvarkar.

Nå er det slik at for dei enklaste partiklane får ein ikkje ekstra tilstandar på grunn av fargefridomsgraden til kvarkane. To kvarkar kan kople til ein sekstett eller antitriplett ved addisjonsregelen $3x3 = \overline{3} + 6$ men berre når QQ har farge $\overline{3}$ kan dei kople med ein tredje kvark til ein fargesinglett. Fargekoplinga er difor eintydig og fargefridomsgraden er frosen. For baryon som er QQQ tilstandar og meson som er $Q\bar{Q}$ tilstandar fører ikkje ein teori med farge til fleire tilstandar enn ein teori utan fargefridomsgraden.

Hos meson som er $QQ\bar{Q}\bar{Q}$ eller baryon som er $QQQQ\bar{Q}$ kan situasjonen vera ein annan. I eit meson kan vi ha QQ systemet i ein $\overline{3}$ fargetilstand og $\bar{Q}\bar{Q}$ i ein 3 tilstand slik at $QQ\bar{Q}\bar{Q}$ er ein singlett, **eller** QQ kan vera farge sekstett og $\bar{Q}\bar{Q}$ farge antisekstett medan totalsystemet er ein fargesinglett. Her har vi difor ein sjanse til å finne fargeisomere, d.v.s. tilstandar som skil seg frå einannan på grunn av indre fargefordeling.

Ved å finne slike fargeisomere ville ein ha direkte bevis for at fargefridomsgraden eksisterer, like direkte som Zeemaneffekten viser at elektron har spinn. Det seier seg sjøl at når det gjeld å finne slike manifestasjonar av det som skal vera kjelda til kreftene mellom kvarkar er det bryet verd å arbeide ein del. Som alltid i forsking lagar teoretikarar modellar som skal forklare eksperimentelle observasjoner og forutseia nye fenomen. Desse nye fenomena leiter ein så etter ved nye eksperiment. Finn ein det forutsagte vinn modellen i tillit, finn ein det ikkje må modellbyggarane prøve seg på nytt.

*Eksperiment med baryonium.*

Fyrste plassen der teoretikarar meinte å finne evidens for fargeisomere var mellom meson. Der er det observert tilstandar som har ein påfallande tendens til å desintegrere i ein proton-antiprotonpar eller meir generelt i eit baryon-antibaryonpar og som difor blir kalla baryonium[5]). Av desse var det to slag, ein type med normale levetider for tunge meson og ein type som levde 10-20 gonger lenger.

Ein elegant måte å forklare dette på var å tenkje seg at dei var laga av eit dikvark QQ system som var romleg separert frå eit antidikvark system $\bar{Q}\bar{Q}$, men bunde saman ved fargefluksliner[6]). Dersom fargeseparasjonen var $3\overline{3}$ ville ein venta tilstander med normal levetid, dersom fargeseparasjonen var $6\bar{6}$ skulle levetida bli lengere. Dette skulle koma av at ein fargefluksrøyr mellom fargesekstettar ikkje kan brytast ved at ein skaper berre eitt $Q\bar{Q}$ par.

Desverre har den eksperimentelle situasjonen vorte veldig uryddig for baryonium, det er tydeleg at eksperiment er svært vanskelege for dei er innbyrdes i konflikt. Det kan til og med hende at tilstandane som har vore observert med lang levetid er berre fluktuasjonar. Når eg nemner dei her, er det fordi at det var her inspirasjonen til fargeisomere eller fargekjemi kom frå. Men det er ein annan plass der ideane har ført til forutseiingar som har vorte verifiserte.

Ein kunne nemleg godt tenkje seg baryon der ei trikvarkgruppe QQQ som var ein fargeoktett var bunde til eit $Q\bar{Q}$ par som også var ein oktett, slik at totalsystemet var fargenøytralt. Dette ville da vera baryon som var svært ulike baryon der trikvarkgruppa og $Q\bar{Q}$ var separate fargesinglettar. Denne siste typen ville nemleg ha liten grunn til å vera eit bunde system, det er berre farge van der Waals krefter mellom singlettar.

*Vidare modellutvikling.*

I 1978 laga Paul Sorba og eg ein modell[7 8] for oktettseparerte QQQ $Q\bar{Q}$ system. I denne modellen var det slik at dei tilstandane som skulle vera lettast å påvise skulle vera laga av eit trikvarksystem QQQ som er ein fargeoktett og som inneheld tre ulike slags kvarkar u, d og s. Dette uds systemet er bunde saman med ein $Q\bar{Q}$ fargeoktett som vi kan kalle meson med farge. Ein ventar difor like mange tilstandar som ein har meson utan farge for kvar verdi av baneimpulsmomentet L mellom uds og $Q\bar{Q}$.

Vidare er det da slik at desse tilstandane alltid inneheld ein særkvark s, slik at dei ved desintegrasjon alltid har minst ein partikkel med særtal i sluttproduktet. Massen av dei lettaste tilstandane av denne typen med L = 1 skulle vera litt over 2 GeV og ved å leite gjennom litteraturen fann vi to observasjonar som kunne indikere at slike tilstandar fanst. Den eine hadde masse 2,13 GeV og skulle tilsvare uds $Q\bar{Q}$ der $Q\bar{Q}$ var som eit $\omega$ meson med farge 8, den andre hadde masse 2,26 GeV og tilsvara tilstanden der $Q\bar{Q}$ var eit $\rho^-$ meson med farge 8.

Dersom dette var ein rett identifikasjon kunne vi da straks forutseia fem andre partiklar som skulle falle i same flavournonetten som dei ovanfor. Dette var ein isosinglett Y* med kvarksamansetnad uds $s\bar{s}$, ein isodublett $\equiv^*$ med kvarkar uds $s\bar{u}$ og uds $s\bar{d}$ og ein isodublett N* med kvarkar uds $\bar{s}u$ og uds $\bar{s}d$. Massene var forutsagt til 2,55 GeV for Y* og 2,375 GeV for N* og $\equiv^*$.

Det var og forutsagt at desse tilstandane oftare skulle desintegrere i tre partiklar enn i to, og vi påpeikte at Y* skulle desintegrere i tre partiklar alle med særtal, $\equiv^*$ og N* i to med særtal og eit eller fleire pion.

*Eksperimentelle prov for modellen.*

Når det nå kom ein teoretisk modell som sa at det var bryet verdt å leite etter mangepartikkel-resonanstilstandar, såg ACNO[9]) gruppa etter om dei kunne ha noko slik på boblekammerfilmen sin. Der fann dei da ein Y* med masse 2,58 GeV og ei anna gruppe fann ein $\equiv^*$ med masse 2,37 GeV[10]) som hadde desintegrasjonsprodukt som forutsagt. Produksjonstverrsnitt er lite (på mikrobarnnivå) og dei har ennå ikkje funne noko N* signal over bakgrunnstøyen.

Derimot har dei [10]) funne ein annan tilstand $R^+$ ved 3,17 GeV som i modellen var forventa ved 3,18 GeV og som skulle vera ein L = 2 tilstand. Denne desintegrerer for det meste i 4-5 partiklar (der tre har særtal) og har omtrent dobbelt så lang levetid som L = 1 tilstandane. Seinare vart denne tilstanden funne i eit eksperiment ved ein annan energi[11]) ved eit amerikansk eksperiment.

At den teoretiske modellen er rett er nesten for godt til å vera sant, men er han det, er det ein rik ny spektroskopi å utforske. Dersom eksperimenta er rette er eg i alle fall sikker på at det er multikvarktilstandar som er oppdaga. Innafor den vanlege trekvark sektoren er det umogeleg å lage hyperon som $R^+$ (3,17) eller Y* (2,58) som har tre partikler med særtal som dominerande desintegrasjonskanal.

For dei få som ennå driv med boblekammerfysikk har det vore inspirerande å prøve å verifisere eller falsifisere modellen. Til nå kan ein berre seia at fenomen av ei ny type kanskje er oppdaga, men eg er nokså sikker på at det blir funne fleire partiklar av same type[7]).

Referanser


1. F. Ravndal, FFV 1975 nr. 2
2. J. Finjord, FFV 1976 nr. 4
3. J.O. Eeg, FFV 1980 nr. 2
4. Eg tør ikkje bruke ordet limfelt, heller ikkje heksekvark, trollkvark eller hekserikvark for sjarmkvark.
5. F. Myhrer, FFV 1978 nr. 4
6. Chan Hong-Mo og H. Høgaasen, Phys. Letters **72B,** 121 (1977) Nucl.Phys. **B136,** 401 (1978) R. Jaffe, Phys.Rev. **D17,** 1444 (1978)
7. H. Høgaasen og P. Sorba, Nucl.Phys. **B145,** 119 (1978)
8. P. Sorba fekk Prix Henri de Parville av Det franske vitenskapsakademi 1980 m.a. for arbeid i multikvarkteori.
9. Amsterdam-Cern-Nijmegen-Oxford samarbeid. M. Mazzucato in Proceedings of XIX Int. Conf. on High Energy Physics Tokyo 1978.
10. Birmingham-CERN-Glasgow-Michigan State-Paris LPNHE samarbeid Phys.Lett. **90B** (1980) 324.
11. Cambridge-Michigan State samarbeid. Phys-Letters **89B,** 125 1979.

# Generell relativitetsteori med spinn og torsjon:

## Einstein-Cartan-teori

*Henning Knutsen*

*Nøytrinoet synger: «my lovesick soul is yours to win, I can't control my trembling spin».*
*Gamow's Faust-parodi*

*Fundamentalkrefter*

Idag kjenner fysikerne til fire forskjellige fundamentale krefter som virker i universet. Disse er gravitasjon, elektromagnetiske krefter, sterke- og svake vekselvirkninger. De sterke vekselvirkninger holder atomkjerner sammen, og de svake vekselvirkninger er ansvarlige for radioaktivitet. Av disse fire forskjellige måtene som materielle partikler påvirker hverandre på, er gravitasjon den svakeste. Og går man til mikroskopisk nivå, må den også sies å være den vekselvirkning som man har minst forståelse av.

*Tvedeling*

Man har nå en slags tvedeling innenfor teoretisk fysikk. Sterke, svake og elektromagnetiske vekselvirkninger beskrives som relativistiske, kvantiserte felter som virker mot en bakgrunn av flatt Minkowski-tid-rom. Gravitasjonen er derimot ikke kvantisert, og i følge Einstein påvirker den strukturen av tidrommet slik at det flate Minkowski-tidrommet deformeres til et krumt Riemann-tid-rom. Genrell relativitetsteori er en teori som har gyldighet for materiefordeling i makroskopisk skala, mens de andre vekselvirkningene foregir å beskrive fenomener også på det atomære område.

En mulig vei ut av denne tvedelingen kan da være å formulere en teori for gravitasjon som skal gjelde for det mikroskopiske område. Denne nye gravitasjonsteorien bør da gå over til den gamle, velkjente genrelle relativitetsteori når den anvendes på mikroskopiske fenmomener.

*Singulariteter*

Generell relativitetsteori lider også av den svakhet at den forutsier eksistensen av såkalte singulære punkter i tid-rommet. Disse singulære punktene er da punkter hvor selve teorien bryter sammen. Hva som skjer her, sier ikke teorien noe om. Man trodde lenge at de singulære punktene kunne bli fjernet fra teorien for alle forhold som kunne sies å være realistiske. For å gjøre matematikken overkommelig antok man nemlig en høy grad av symmetri. De singulære punktene skulle være en følge av urealistisk symmetri. Takket være meget genrelle teoremer utarbeidet av Hawking og Penrose ved hjelp av topologiske metoder, vet man i dag at singulatritetene ikke er til å unngå, selv uten symmetri. Singularitetene virker nå som en utfordring og inspirasjonskilde for de mennesker som sysler med å skape matematiske modeller for den fysiske verden vi lever i. Innenfor teoretisk fysikk er man i dag opptatt av forsøkene på å skape nye, omfattende teorier for vekselvirkningene.

*Historie*

Den enkleste og mest naturlige modifiksjon av genrell relativitetsteori er i følge den polske fysiker Andrzej Trautman, den såkalte Einstein-Cartan-teori. Denne stammer tilbake like til først i 1920-årene, da den franske matematiker Elie Cartan foreslo at torsjon skulle forbindes med materienes indre angulære moment. Men Cartan fikk ikke respons for sine ideer. Av svaret på et brev fra Cartan til Einstein, ser det ut til at Einstein må ha trodd at Cartan kun var ute etter å gjøre krav på oppdagelsen av torsjonens tensor-karakter. Fysikken ble ikke berørt. Cartan lanserte da sine ideer faktisk også før Uhlenbeck og Goudsmith hadde gjort sine eksperimenter, og kommet med begrepet egenspinn. At torsjonen hadde tensorkarakter var tidlig kjent. Men det ble ikke satt i forbindelse med egenspinn. Man brukte torsjonen i forsøkene på å skape en enhetlig felt-teori som skulle tvinge alle vekselvirkninger inn i et eneste beskrivelsesskjema. Torsjonen ble da satt i forbindelse med det elektromagnetiske feltet. Disse forsøkene må sies å være temmelig mislykte, og Cartans arbeider forble stort sett ukjente.

Arbeidet med å finne en ålass for egenspinnet i forbindelse med genrell relativitetsteori ble tatt opp igjen i 1960-årene av Kibble og Sciama. Viktige bidrag kom også fra tyskeren Kröner. Han kan sies å være inspirert av arbeider med defekte krystaller. Man oppdaget nemlig at disse såkalte dislokasjoner lot seg beskrive ved hjelp av differensial-geometri når en benyttet Cartans torsjonsbegrep. I 60-årene ble så de geometriske rammer for teorien lagt av Hehl, van der Heyde og Kerlick. Trautman utarbeidet i 70-årene en grundig matematisk analyse av Einstein-Cartan-teorien basert på moderne differensialgeometri og tensor-valuerte differensialformer.

*Idégrunnlag*

Einsteins store idé da han skapte den generelle

*) p.t. Inst. Theor. Phys., Univ. Warszawa.

relativitetsteorien, kan sies å være at materie ble samholdt med geometri. Einsteins feltlikinger lyder:

$$-\kappa C^2 T^{ij} = R^{ij} - \tfrac{1}{2} g^{ij} (R - 2\Lambda)$$

Når denne likningen leses mot høyre, sier den at materiens fordeling på energi og momentum bestemmer hvilken geometri dvs. krumning, tidroms-struktruen har, men når en kjenner geometrien kan en så finne hvilken bane en partikkel vil bevege seg langs. Geometrien blir altså her ikke lenger bare en bakgrunnsramme å måle fysiske begivenheter i forhold til, men kommer til å spille en aktiv dynamisk rolle.

Det som da ligger nær er å spørre om det er bare er energi-moment-tensoren som kan virke geometriskapende. Kanskje andre dynamiske størrelser også kan influere på strukturen til tid-rommet? Et videre spørsmål er: Hvor langt utover Riemann-geometri er det mulig å utvikle rom-tids-strukturen og fremdeles beholde det klassiske feltbegrep?

Forståelsen for at bevegelsesmengde og spinn på sett og vis er størrelser av samme slag peker hen mot en utvidet generell relativitetsteori som også omfatter spinn. Bevegelsesmengde er en dynamisk størrelse som svarer til translasjon, mens spinn svarer til rotasjon. I differensial-geometri er det metriske tensorfeltet relatert på en bestemt måte til translasjon og torsjon-tensor-feltet til rotasjon. Dette fører altså til en geometri med krumning *og torsjon* (Riemann-Cartan-teori).

Dette gjøres også plausibelt ved hjelp av et matematisk teorem fra teorien for holonomigrupper og rollen som inhomogene Lorentz-grupper spiller i spesiell relativitetsteori. (Begrepet holonomi beskriver følgende: Hvis en vektor i et punkt parallelltranslateres langs en lukket kurve behøver den ikke nødvendigvis å ende i seg selv). På den ene side induserer krumning og torsjon henholdsvis homogene transformasjoner og translasjoner i tangentrommet til en mangfoldighet. Når en på den annen side approksimerer til spesiell relativitetsteori står spinn og masse i forbindelse med de homogene og translatoriske komponenter av Lie-algebraen til gruppen av automorfier i et Minkowski-rom.

*Teori*

Hvordan er så teorien bygget opp? Man starter med en firedimensjonal differensiabel mangfoldighet. Denne mangfoldigheten er utstyrt både med en metrisk tensor $g_{ij}$ og en lineær, affin og sammenheng $\Gamma^k_{ij}$. All erfaring sier oss at lengden på målestaver og vinklene mellom dem ikke forandres under parallelltransport. I et affint og metrisk rom er dette oppfylt så snart den metriske tensor er covariant constatn m.h.p. den affine sammenheng $\Gamma^k_{ij}$. Dette blir da antatt her. Den affine sammenheng antas videre ikke lenger som i Einsteins teori å være symmetrisk. Den anti-symmetriske del av den affine sammenheng kalles gjerne Cartan-torsjon og betegnes med $Q^k_{ij}$. En får da

$$Q^k_{ij} = \tfrac{1}{2}[\Gamma^k_{ij} - \Gamma^k_{ji}] \cdot$$

Til forskjell fra den affine sammenheng, så har torsjonen tensorkarakter. Denne gir da en ny uavhengig geometrisk variabel. Spinn og torsjon blir så koblet. Det bør understrekes at dette er partiklenes egenspinn og ikke det angulære moment som f.eks. en planet har pga. banen. Det har heller ingenting å gjøre med Gödels univers med spinn.

For å finne feltlikningene i denne geometrien benyttes så et såkalt variasjonsprinsipp. Dette kunne vi gjerne kalle «den minste motstands vei». Det er meget gammelt, og ble faktisk allerede brukt av den egyptiske matematiker Heron som virket i Alexandria. Han benyttet det for å vise hvilken bane lyset følger med et [illegible] speilarrangement. En kan også kalle prinsippet for minimal gravitasjonskopling. Partiell derivasjon erstattes med covariant derivasjon, og metrikk og torsjon varieres uavhengig av hverandre. En får da to feltlikninger:

$$R^i_j - \tfrac{1}{2}\,\delta^i_j \cdot R = -8\,\pi G T^i_j \qquad (1)$$

som minner om Einsteins likning, men i Ricci-tensoren $R_j$ må Christoffel-symboler av andre type $(^i_{jk})$ erstattes av den affine sammenheng $\Gamma^k_{ij}$.

En annen likning blir:

$$Q^k_{ij} - \delta^k_i Q^\ell_{\ell j} - \delta^k_j Q^\ell_{i\ell} = 8\pi G S^k_{ij} \qquad (2)$$

$S^k_{ij}$ er her spinn-tensoren og lyshastigheten C settes lik 1.

Følgende skjema viser en oversikt over genrell relativitetsteoris (G.R) og Einstein-Cartan-teoris (E.C.) idéoppbygging:

*G.R.:*

| | | |
|---|---|---|
| Energi-moment<br>Metrisk-tensor | Translasjon | Riemann-geometri |

*E.C.:*

| | | |
|---|---|---|
| Energi-moment<br>Metrisk-tensor | Translasjon | Riemann-<br>Cartan-<br>Geometri |
| Spinn<br>Torsjon | Rotasjon | |

*Konsekvenser*

Denne teorien skiller seg ikke fra genrell relativitetsteori der vi har vakuum. Også i denne teorien får vi f.eks. Schwartzschildløsningen utenfor en sfærisk massefordeling. De tester som gjelder for genrell relativitetsteori gjelder derfor også for Einstein-Cartan-teori. Forskjellene finnes kun der hvor

rommet er fylt av materie. Men selv her er forskjellen uhyre liten.

De dimensjonsløse tall som viser effekten av torsjon og kruming er henholdsvis:

$$\frac{\text{Spinn}}{(\text{Radius})^2} \quad \text{og} \quad \frac{\text{Masse}}{\text{Radius}}$$

For et eletron er forholdet mellom disse to tallene 137. Her spiller altså spinn en større rolle enn masse når geometrien bestemmes. Men for vanlig materie forsvinner spinnet ut av bildet.

Regner man på makroskopiske fenomener vil både spinn og spinngradient slokkes ut. Men masse er en additiv størrelse. Korreksjonsleddene man får til forskjell fra generell relativitetsteori er kvadratiske med gravitasjonskonstanten. Bare når tettheten er uhyre stor, vil det derfor oppstå nye effekter. Det er her snakk om tettheter så store som $10^{54}$ g/cm$^3$. Da får man en spinn-spinnvekselvirkning som virker frastøtende. Denne nye effekten skal da eventuelt hindre singulariteter fra å oppstå. Torsjonen er fullstendig bundet til materien og kan ikke bre seg som en torsjonsbølge utover i vakuumet.

*Arbeidsområder*

Det er da særskilt tre områder av fysikken hvor denne teorien bør undersøkes:

1) Kosmologi (Big Bang)
2) Statiske stjernekonfigurasjoner (nøytronstjerner)
3) Gravitasjonskollaps

For et støvfylt univers med spinn har Kopczynski vist at det er mulig å lage visse modeller som ikke har singulariteter. Andre ikkesingulære modeller er laget av Tafel og Kuchowicz. Dette førte til at man fikk store forhåpninger til denne teorien. Men dette håpet har til en viss grad forsvunnet nå. Penrose og Hawking's teorem bygger nemlig på en meget naturlig betingelse angående energien for et system. Man har nå greidd å vise at samtlige av de utarbeidede singularitetsfrie modeller i Einstein-Cartan-teori bryter Penrose/Hawking-betingelsen for energien.

En tid trodde man også at denne teorien skulle gjøre seg sterkt gjeldende i det indre av nøytronstjerner. Sterke magnetfelter kunne her få partiklenes egenspinn til å peke i samme retning. I stedet for å slokkes ut, skulle derfor spinnet adderes opp og derfor gi merkbare effekter. Men Kerlick har nå vist at fordi tettheten selv her er altfor liten, vil også effekten her være neglisjerbar.

*Tester*

Noe en må merke seg for denne Einstein-Cartan-geometrien er at partiklene ikke lenger vil bevege seg langs geodetiske linjer slik som de gjør i genrell relativitetsteori. Geodetske linjer er den vei som angir korteste avstand mellom punktene i rom-tidsstrukturen. En skulle da kanskje tro at partiklene beveger seg langs såkalte auto-parallelle linjer. Disse representerer de retteste linjer, i det tangentvektoren transporteres parallelt med seg selv langs disse linjene. Men det viser seg at banen til en partikkel ikke er en autoparallell linje. Man må finne banen fra feltlikningene.

Det er idag utviklet en likning som gjør det prinsipielt mulig å skjelne mellom Einstein-Cartan-teori og generell relativitetsteori. Man må da bruke partikler med spinn, fordi partikler uten spinn ikke «føler» torsjonen. Det synes nå som om kun nøytrioner vil være de mulige testpartikler for Einstein-Cartan-teori. Og et nøytrino er vanskelig å følge. Det går gjerne tvers gjennom en blyplate så tykk som herfra til nærmeste stjerne uten å bli stoppet.

Og nøytrinoet i Gamows Faust-parodi synger videre: «Closed is the gate, for lack of me».

---

forts. fra side 2

terende stjerner og forbindelsen med differensiell rotasjon, et aktuelt men lite utviklet felt. Konveksjon i magnetiske plasma med en omtale av dynamoteorier for jorden og solen er emner for en artikkel av S. Childress.

Et vanskelig problem opptrer når grensen mellom et konvektivt stabilt og et ustabilt lag skal fastsettes. J.P. Zahn gir en utmerket oversikt over de metoder som brukes for å beregne «overshoot» i kapittel 6. Mere eksotiske fenomener er behandlet under overskriften «Special Topics» i kapittel 7. Den såkalte URCA konveksjon, som kan opptre når nøytron-stjerner dannes er emnet for en artikkel av G. Shaviv. I artiklen «Photoconvection» beskriver E.A. Spiegel hvordan et kraftig strålingsfelt påvirker konveksjon. Kapittel 8 handler om bølger og W. Unno skriver om generering av bølger i konveksjonssonen i en pulserende stjerne.

Det nest siste kapittel er om turbulens, der U. Frisch omtaler resultater for turbulens med «intermittency» effekt og hvor også virkningen av magnetfelter er kort omtalt.

Boken gir et godt innblikk i et viktig forskningsfelt hvor det for tiden er stor aktivitet.

Det er få trykkfeil.

*Eberhart Jensen*

*J. M. Blatt og V. F. Weisskopf:* Theoretical Nuclear Physics (Opptrykk av utgaven fra 1952, J. Wiley & Sons, N.Y.) Springer Verlag, Berlin 1979, 864 s, DM 64.-

Boka er et uendret opptrykk av den boka som ble betraktet som Bibelen i kjernefysikk for oss som studerte faget for snart et kvart århundre siden. Det vekker mange assosiasjoner å bla i denne klassiske boka - en hadde jo ikke tid til å lese så mye i den egentlig - en hørte forelesninger og leste andre enklere bøker, men en håpet at en etter eksamen skulle få en jobb som gav anledning til en fordypelse i de interessante kapitlene. Dette slo ikke til for undertegnede, men fra nå av står boka på plass i bokhylla slik at det kanskje blir anledning når pensjonsalderen melder seg!

Boka inneholder følgende kapitler: Atomkjernens alminnelige egenskaper, tolegemeproblemet ved lave energier, kjernekreftene, tolegemeproblemer ved høye energier, trelegemeproblemer, kjernespektroskopi, spesielle kjernemodeller (Wigners modell, modellen med uavhengige partikler, α-partikkelmodellen, dråpemodellen), alminnelig teori for kjernereaksjoner, spredningsmatriseteori, spontan α-desintegrasjon av kjerner, vekselvirkning av kjerner med el.magn. stråling, β-desintegrasjon, skallstrukturmodeller for kjerner.

forts. side 17

# Opplæring i problemløsningsmetodikk gjennom laboratorieforsøk

*Anita Mendelsohn Ytrehus*)*
*Birger Haave*)*

**Sammendrag.**

I de fire siste årene har det vært avholdt et spesielt laboratoriekurs for 1. årskurs maskinstudenter ved NTH. Kjernen i kurset er en del eksperimenter som ligger mellom vanlige laboratorieforsøk i tradisjonell forstand og det helt åpne prosjektarbeide. For å dra full nytte av opplegget er det nødvendig med en ukonvensjonell veiledning i motsetning til den vanlige form for instruksjon i laboratoriet.

**Utdanningsmål.**

Vi skal begynne med å se på noen alminnelige mål for utdanning. Tar en spesielt for seg sivilingeniørutdanningen vil en kunne dele inn målene i to hovedgrupper:

GRUPPE A
a) Illustrasjon av teorier og/eller fenomener
b) Øvelse i eksperimentelle teknikker og metoder
c) Gi kjennskap til måleteknisk utstyr
d) Utvikling av manuelle ferdigheter

GRUPPE B
a) Utvikling av objektivitet
b) Utvikling av originalitet
c) Utvikling av evnen til å planlegge
d) Øvelse i kommunikasjon

I høy grad ser disse gruppene ut til gjensidig å utelukke hverandre. Det tradisjonelle skolelaboratorium har utviklet seg slik at det legger så stor vekt på én gruppe at det går ut over den andre. De fleste laboratorieøvinger henger nøye sammen med foreleste kurs og utgjør en del av faget. En detaljert rettledning følger vanligvis hvert laboratorieforsøk. Dette levner lite til tilfeldigheter, ingenting til fantasien og utelukker nesten hele gruppe B. Metoden kan sies å være brukbar til innlæring av visse kunnskaper, men dårlig egnet til utdannelse av sivilingeniører som forventes å kunne *innse* problemer og så løse dem. I tillegg taper interessen seg hurtig blant studentene når de skal utføre et eksperiment etter en «kokebok».

For å imøtekomme tidens krav til teknologisk utvikling, som finner sted i en verden der alt skjer hurtig, er det nødvendig med en utdannelse der studentene på et tidlig tidspunkt gjøres kjent med de krav som fordres av dem etter endt studium.

Det laboratorium, som skal beskrives her, er et separat laboratoriekurs. Målet er å legge stor vekt på momentene i kategori B.

**Kursets intensjoner.**

For å møte de krav som stilles, fant en at det beste ville være et laboratoriekurs uten tilknytning til et bestemt fag og som baseres på problemløsning. Kurset er karakterisert ved følgende momenter:

1. Det er et selvstendig kurs uten direkte tilknytning til forelesningene i noe ingeniørfag.
2. Kjernen i kurset er i dag en rekke mekanikkforsøk (med tiden vil en forsøke å få med elektriske, termodynamiske og andre forsøkstyper) av en problemløsende type som skal gi en intellektuell utfordring. Videre tar de sikte på å gi studentene erfaring i å:
   - mestre situasjoner der mange faktorer kan variere
   - planlegge forsøk i henhold til situasjonen
   - analysere objektivt
   - føre laboratoriejournal og skrive rapport.

   Noen av forsøkene er begrepsmessige originale, mens andre er tradisjonelle med en ny angrepsvinkel. Analysen av de matematiske modellene for forsøkene, ligger utenfor de kunnskapsnivå som studenter i 1. årskull normalt befinner seg på.
3. For tiden er det i laboratoriet 9 ulike eksperimenter. De er inndelt i 3 grupper etter vanskelighetsgrad og/eller den eksperimentelle dyktighet som er nødvendig for å finne løsningen. Det fenomenologiske ligger ikke til grunn for grupperingen. Studentene gjør ett forsøk fra hver gruppe.
4. Studentene arbeider i grupper á 2. De har til rådighet to eller tre lab.perioder (en periode er 3 timer) til hvert forsøk de utfører.
5. Veiledningen i laboratoriet gis av det vitenskapelige personale ved avdelingen. Disse er blitt spesielt opplært til ikke å instruere, men til å diskutere med studentene slik at de ledes til selv å

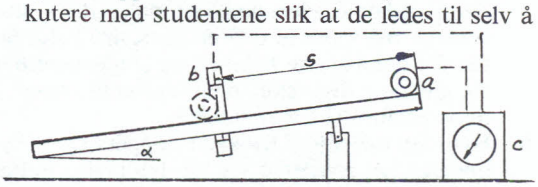



Fig. 1. Rullende sylinder på skråplan

a = startkontakt
b = forskyvbar fotocelle
c = elektrisk ur

*) Siv.ing. Anita Mendelsohn Ytrehus, Studieadministrasjonen, NTH
*) Siv.ing. Birger Haave, Maskinavdelingen, NTH

finne svaret på sine spørsmål. Man kan si at veiledningen rett og slett er et miniseminar på stedet. En veileder tar hånd om tilsammen 4 eller 5 grupper slik at student/lærerforholdet totalt blir 8-10.

6. Studentene får generell instruksjon og blir satt inn i kursets filosofi i 5 forelesninger ved kursets begynnelse. Disse tar for seg:
   - eksperimentelle metoder
   - elementære teknikker til behandling av måledata og kurvetilpasning
   - dimensjonsanalyse (2 forelesninger)
   - journalføring og rapportskriving.

**Eksperimentene.**

Det vil føre for langt å gi en beskrivelse av hvert enkelt forsøk. Her vil vi derfor bare gi en oversikt over hvilke 9 eksperimenter en benytter og så beskrive i noe detalj ett av dem, som en illustrasjon på det som er nevnt foran. Alle forsøkene benytter enkelt utstyr, men det betyr ikke at de er lette å løse. Forsøkene i gruppe I er minst krevende, men omfatter mange variable:

1) Stavvibrasjon
2) Fjærvibrasjon
3) Kapillarstrømning

I gruppe II finner vi forsøk av større vanskelighetsgrad:

1) Tømmetid
2) Svingende plate (en perforert huntonittplate)
3) Tretrådsoppheng (torsjonssvingninger)

Den siste gruppen består av de 3 intellektuelt mest krevende forsøkene:

1) Rullende sylindre
2) Synkende båter
3) Synkende kuler

**Rullende sylindre.**

Oppgaven lyder: «Undersøk fenomenet sylindre som ruller på et skråplan.» Figur 1 viser apparaturen. Et antall forskjellige sylindre er lagt ut i tilfeldig orden.

Oppgaven er en betydelig utfordring på flere måter:

a. Hva er det jeg vil finne? De fleste bestemmer seg for å undersøke rulletiden som funksjon av de forskjellige variable, mens noen vil undersøke akselerasjonen. Dette fører til en diskusjon om hvordan akselerasjon kan måles, d.v.s. studentene må innse at den er konstant. I sluttfasen fås kompliserte formler, og studentene blir *da*, gjennom diskusjon, oppmuntret til i stedet å finne en formel for rulletiden.

b. Hvordan måler jeg? Klokken stopper *etter* at sylinderen har passert, d.v.s. når lyset igjen treffer fotocellen. De aller fleste går ut fra at klokken stopper når lysstrålen brytes, men tenker ikke på at da må diameteren trekkes fra den utmålte lengde. Ingen skade er skjedd med det, men poenget blir diskutert *etter* at en serie målinger er gjort. Praktisk talt alle studenter måler hellingsvinkelen ved å måle høyder fra bordet opp til banen. De antar da, ubevisst, at bordet er horisontalt, mens det i virkeligheten skråner samme vei som banen. Etter at studentene er blitt oppmerksomme på forholdet, gjør studentene målinger for når en sylinder begynner å rulle den ene og den andre veien, og bruker så midtstillingen som nullstilling. Studenter som etterlyser et vater, får det utlevert.

c. Hvilke variable har jeg? De fleste kommer frem til følgende variable: Utrullet distanse (s), helningsvinkel ($\alpha$), sylinderdiameterne (d,D), sylinderlengden (l), sylindermaterialets tetthet ($\rho$), sylinderens masse (m), tyngdens akselerasjon (g) og friksjonskoeffisienten ($\mu$). Det innses ikke alltid at diameterne, lengden og tettheten definerer sylinderen fullt ut, og at massen derfor er en variabel som ikke uten videre kan tas med. Friksjonstapet er åpenbart lite, og spiller en uvesentlig rolle dersom forsøkene utføres med den største stigning (7°-8°) apparaturen tillater.

d. Hva med dimensjonene? Dimensjonsanalyse og dimensjonsbetraktninger er av stor verdi i dette eksperimentet. Antall variable reduseres, ja tettheten kan på forhånd elimineres som variabel da den er alene om å inneholde dimensjonen masse. Like sylindre i forskjellig materiale gjør det også mulig å oppdage dette eksperimentelt.

e. Hva betyr resultatene? Sylinderlengden kan varieres alene og studentene ser at dette ikke virker inn på rulletiden. Virkningen av rullelengden og stigninger finnes å være at

$$t = \text{prop}\ \sqrt{s} \text{ og } t = \text{prop}\ \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \left(\text{eg. } \frac{1}{\sqrt{\sin \alpha}}\right)$$

Et par massive sylindere har forskjellig ytre diameter, men ruller like fort, noe som overrasker stort! Den største utfordringen ligger nettopp i å finne virkningen av diametrene. En del av sylindrene passer nøyaktig inn i hverandre, slik at studentene har betydelig flere sylindre å arbeide med enn de fra først av tror. Ved å sette sylindrene inn i hverandre, kan den ytre eller den indre diameteren holdes konstant mens den andre varieres. En heldig dimensjonsanalyse vil gi diameterforholdet som en av de variable. Bruk av andre dimensjonsløse størrelser, f.eks. $\frac{d}{s}$ eller undersøkelse av virkningen av indre diameter og ytre diameter alene, fører til resultater som stiller store krav både til veiledere og studenter for at disse **selv** skal se at for sylindre er det bare diameterforholdet som er av betydning. De fleste studenter kommer ved bruk av vanlige kurvetilpasningsmetoder frem til formelen

forts. side 17

# Fra Fysikkens Verden

42. årgang
1980

NORSK FYSISK SELSKAP
Trondheim 1980

## Fra Fysikkens Verden

Redaktør
Forsker Olav Steinsvoll
Institutt for energiforskning
2007 Kjeller

Redaksjonskomite:
Førsteamanuensis Trygve Grotdal, Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen, 5014 Bergen.

Forsker J. Myrheim, NORDITA, NBI, Blegdamsvej 17, 2100 København Ø, Danmark

Førstelektor Øivin Holter, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, Blindern, Oslo 3.

Lektor K. Jostein Knutsen, Luftkrigsskolen, 7000 Trondheim.

1. amanuensis Ove Bratteng, Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø.

Professor R. Tangen, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, Oslo 3.

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

Sekretær:
Fru Gudrun Græsmann.

Ekspedisjonsens adresse:
Fra Fysikkens Verden, Fysisk Institutt,
Norges Lærerhøgskole, 7055 Dragvoll.

## Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dosent E. Osnes, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, Blindern.

Styre: Dosent R. S. Sigmond, Universitetet i Trondheim, Norges Tekniske Høgskole.

Amanuensis Noralv Bjørnå, Universitetet i Tromsø.

Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo, Blindern.

Førstelektor K. Myklebost, Universitetet i Bergen.

Sekretær: Fru Gerd Jarrett, Nøytronfysikkavdelingen, Inst. for energiforskning, Boks 40, 2007 Kjeller.

# INNHOLD

*Hefte 1*


Aadne Ore, 1916-1980. *K. Gjøtterud og Th. Henriksen* .. 1
Frå redaktøren ... 3
Kunngjøringer ... 3
En stor dag for norsk kjernfysisk forskning.
Referat *O. Steinsvoll* ... 4
Nye medlemmer ... 5
Tale av statsråd Førde ved overlevering av
syklotronen 13. nov. 1979 ... 6
Intervju med den nye formannen i NSF.
*Olav Steinsvoll* ... 7
Ordning i system med sterke fluktuasjonar.
Kurs-referat. *E. J. Samuelsen* ... 9
NEUTRINO 79. Referat. *C. Jarlskog* ... 10
Fysikermøte i Tromsø 1980 ... 16
Nytt tidsskrift fra EPS. *K. J. Knutsen* ... 16
Litt fysikk til påskebruk.
*Olav Steinsvoll* ... 17
Synkrotronstråling: I. Fundamentale
egenskaper. *I. Lindau* ... 18
Noen tanker om C.P. Snows essay
«De to kulturer» 20 år etter. *T. Grotal* ... 21
Bøker ... 16, 23

*A. R. Bishop & T. Schneider (eds.):*
Solitons and Condensed Matter Physics.
*Svenska Fysikersamfundet:* Kosmos.
*Rosenberg, H.M.:* The Solid State.
*Oliner, A.A.:* Acoustc Surface Waves.
*Ringnes, Truls:* Klassisk og moderne astronomi.


*Hefte 2.*


Professor Christian Møller in memoriam.
*Haakon Olsen & Harald Wergeland* ... 25
Fra redaktøren ... 26
Bøker ankommet til redaksjonen ... 26
Nobelprisen i fysikk 1979 gitt i gaugeteori.
*Jan Olav Eeg* ... 27
Et skandinavisk energistysem
basert på fornybar engeri.
*Bernt Sørensen* ... 30
Synkrotronstråling: II. Anvendelser. *I. Lindau* ... 34
Plasma-drift i den polare ionosfære.
*Ove Bratteng og Egil Leer* ... 37
Nye halo observasjoner ... 41
Mikroeletronikk og mikroprosessorer. I.
*J. Sandstad* ... 42
Bøker ... 33, 36, 41, 48

*Kaufmann III, W.J.:* The Cosmic
Frontiers of General Relativity.
*Queisser, H.J. (ed.):* X.Ray Optics.
*Yong, M.:* Optics and Lasers.
*Hall, J.L. & Carlsten, J. L.:*
Laser Spectroscopy III.
*Pinsker, Z.G.:* Dynamical Scattering of X-rays.
*Frodesen, A.G., Skjeggestad, O., Tøfte, H.:*
Probabiltity and statistics in particle physics.


*Hefte 3.*


Frå redaktøren ... 49
T. Riste nytt æresmedlem av NFS ... 49
Årsmelding fra Norsk Fysikkråd 1980 ... 49
Norsk Data's fysikkpris utdelt ... 50
Årsmelding fra NFS 1979-80 ... 50
Møte i ACOPE/EPS 24. og 25. mars 1980.
*Knut J. Knutsen* ... 52
Fra det optiske forskningsmiljø ved Institutt for
Almen Fysikk, NTH, Trondheim.
*Karstein Dybvik og Gudmunn Slettemoen* ... 53
Centauro-prosesser I. *Sven Oluf Sørensen* ... 57
Mikroeletronikk og mikropressorer, II.
*J. Sandstad* ... 62
Supraledning og høge magnetfelt.
*Ø. Fischer* ... 64
Nobelprisen i fysikk for 1979 gitt i gaugeteori.
Del 1. *Jan Olav Eeg* ... 69
Relativitetsteori og magnetisme - en
enkel sammenheng.
*Einar Jahr* ... 71
Nye medlemmer ... 72
Bøker ... 68, 72
*Hauge, Bernt K. (red.):*
Realfagundervisningen i Norge.
*Bratteli, Ola & Robinson, Derek W.:*
Operator Algebras and Quantum Statistical Mechanics.


*Hefte 4*


Fra redaktøren ... 73
Årsmøte i NFS 1980. Referat. *G. Jarrett* ... 74
Skriftlige rapporter innkommet før
15/6 1980 ... 75
Utdannelse av teknologisk kvalifisert arbeids-
kraft. Diskusjonsreferat. *O. Steinsvoll* ... 76
Bøker innkommet til redaksjonen ... 79
Geomagnetiske forstyrrelser og teknologske
systemer. *L.J. Lanzerotti* ... 80
Havbølger og fysikk. *Kristian Barstad Dysthe* ... 84
Centauro-prosesser, II. *Sven Oluf Sørensen* ... 88
Kvantefenomener i molekylarbioligen I.
*Jan A. Pappas* ... 90
Internat. konf. om teknologi for energiøkonomisering,
Berlin 1981 ... 94
Bøker ... 89, 93, 95, 96
*Meadows, A.J.:* Stellar Evolution
*Fraser, J.T., Lawrence, N. & Park, D. (eds.).*
The study of time III.
*Smidt, Dieter:* Reaktor Sicherheitstechnik.
*Kingston, R.H.:* Deteciton of Optical
and Infrared Radiation
*Alefeld, G., Völkl., J.*
Hydrogen in Metals II.
*Spiegel, E.A. & Zahn, J.P. (eds.):*
Problems of Stellar Convection.
*Carlin, R. & Duyneveld, A.J.:* Magnetic Properties
of Transition Metal Compounds.
*Svenska Fysikersamfundet:* Kosmos 1979.
*Fløttre, Lunde, Ormestad, Øgrim:*
Rom, stoff, tid 1. Lærebok
og lærerveiledning.

# FORFATTERREGISTER


*Amundsen, Tore:* (Bokanm.). The Solid State. H. M.Rosenberg ..... 24
*Andresen, A.F.:* (Bokanm.) Hydrogen in Metals II. G. Alefeld & J. Völkl ..... 95
*Andresen, A.F.:* (Bokanm.). Magnetic Properties of Transition Metal Compunds. R. L. Carlin & A. J. Duyneveldt ..... 96
*Bosio, Jan:* (Bokanm.) Reaktor Sicherheitstechnik. Dieter Smidt ..... 94
*Bratteng, Ove og Egil Leer:* Plasma-drift i den polare ionosfære ..... 37
*Dybvik, Karstein,* og G. Slettemoen: Fra det optiske forskningsmiljø ved Institutt for Almen Fysikk, NTH, Trondheim ..... 53
*Dysthe, Kristian Barstad:* Havbølger og fysikk, I ..... 84
*Eeg. Jan Olav:* Nobelprisen i fysikk for 1979 gitt i gaugeteori. I ..... 27
*Eeg, Jan Olav:* - " -, del II ..... 69
*Fischer, Ø.:* Supraledning og høge magnetfelt ..... 64
*Førde, E.:* Tale ved overlevering av syklotronen 13. nov. 1979 ..... 6
*Gjøtterud, Kristoffer,* og Tormod Henriksen: Aadne Ore, 1916-1980 ..... 1
*Grotdal, T.:* Noen tanker om C. P. Snows essay «De to kulturer» 20 år etter ..... 21
*Hemmer, Per Ch.:* (Bokanm.) Solitons and Condensed matter. A. R. Bishop & T. Schneider ..... 16
*Henriksen, Thormod,* og K. Gjøtterud: Aadne Ore, 1916-1980 ..... 1
*Ingebrigtsen, Kjell:* (Bokanm.): Acoustic Surface Waves. A.A. Oliner ..... 24
*Jacobsen, T.:* (Bokanm.) Probability and statistics in particle physics. A. G. Frodesen, O. Skjeggestad and H. Tøfte ..... 48
*Jahr, Einar:* Relativitetsteori og magnetisme - en enkel sammenheng ..... 71
*Jarlskog, Cecilia:* NEUTRINO 79 ..... 10
*Jensen, Eberhart:* (Bokanm.) Problems of Stellar Convection. E. A. Spiegel & J. P. Zahn (eds.) ..... 95
*Knutsen, Knut J.:* Nytt tidsskrift fra EPS ..... 16
*Knutsen, Knut J.:* Møte i Den rådgivende komite for fysikkundervisning. Budapest ..... 52
*Knutsen, Knut J.:* (Bokanm.) Realfagundervisningen i Norge. Bernt K. Hauge (red.) ..... 68
*Knutsen, Knut J.:* (Bokanm.) Rom, stoff, tid 1. Fløttre, Lunde, Ormestad, Øgrim ..... 96
*Knutsen, Henning:* (Bokan.). Klassisk og moderne astronomi. Truls Ringnes ..... 24
*Knutsen, Henning:* (Bokanm.) The Cosmic Frontiers of General Relativity. W. J. Kaufmann III ..... 33
*Knutsen, Henning:* (Bokanm.) Stellar Evolution. A. J. Meadows ..... 89
*Lanzerotti, L. J.:* Geomagnetiske forstyrrelser og teknologiske systemer ..... 80
*Leer, Egil,* og O. Bratteng: Plasma-drift i den polare ionosfære ..... 37
*Lindau, I.:* Synkrotronstråling: I. Fundamentale egenskaper ..... 18
*Lindau, I.:* - " -: II. Anvendelser ..... 34
*Løvseth, J.:* Årsmedling fra Norsk Fysikkråd 1980 ..... 49
*Norman, Nico:* (Bokanm.) Dynamic Scattering of X-Rays. Z. G. Pinsker ..... 48
*Olsen, Haakon,* og H. Wergeland: Professor Christian Møller in memoriam ..... 25
*Osnes, Eivind:* Årsmelding for Norsk Fysisk Selskap 1979-80 ..... 50
*Pappas, Jan A.:* Kvantefenomener i molekylarbioligen, I ..... 90
*Samuelsen, Emil J.:* «Ordning i system med sterke fluktuasjonar». Møtereferat ..... 9
*Samuelsen, Emil J.:* (Bokanm.) Optics and Lasers. M. Yong ..... 41
*Samuelsen, Emil J.:* (Bokanm.) Laser Spectrosocopy III. J. L. Hall & J. L. Carlsten ..... 41
*Sandstad, Jacob:* Mikroeletronikk og mikroprosessorer, I ..... 42
*Sandstad, Jacob:* - " -, II ..... 62
*Singstad, Ingar:* (Bokanm.) Detection of Optical and Infrared Radiation. R. H. Kingston ..... 95
*Skavlem, S.:* (Bokanm.) The study of Time III. J. T. Fraser, N. Lawrence, D. Parks (ed.) ..... 93
*Slettemoen, Gudmunn,* og K. Dybvik: Fra det optiske forskningsmiljø ved Institutt for Almen fysikk, NTH, Trondheim ..... 53
*Sørensen, Bernt:* Et skandinavisk energisystem basert på fornybar energi ..... 30
*Sørensen, Sven Oluf:* Centauro-prosesser, I ..... 57
*Sørensen, Sven Oluf:* - " -, II ..... 88
*Sørum, Harald,* (Bokanm.) X-Ray Optics. H. J. Queisser (ed.) ..... 36
*Steinsvoll, Olaf:* En stor dag for norsk kjernefysisk forskning. Referat ..... 4
*Steinsvoll, Olaf:* Litt fysikk til påskebruk ..... 17
*Steinsvoll, Olaf:* Utdannelse av teknologisk kvalifisert arbeidskraft. Møtereferat ..... 76
*Steinsvoll, Olaf:* (Bokanm.) Kosmos 1979. Svenska Fysikersamfundet ..... 96
*Størmer, Erling:* (Bokanm.) Operator Algebras and Quantum Statistical Mechanics. O. Bratteli og D. W. Robinson ..... 72
*Torgersen, Halvard:* (Bokanm.) Kosmos 1978. Svenska Fysikersamfundet ..... 23
*Wergeland, Harald,* og Haakon Olsen: Professor Christian Møller in memoriam ..... 25

# Påmelding til Fysikermøtet i Trondheim 22.-24. juni 1981

Navn: .....

Adresse: .....

Arbeidssted: .....

Anmelder foredrag: Ja/nei

Antatt varighet ..... min.

Emne: .....

Sammendrag på engelsk (inntil 2 sider inkl. figurer) må følge påmeldingen.

Innkvartering ønskes for ..... voksne og ..... barn på Singsaker studenthjem

for nettene 21.-22/6 ..... 22-23/6 ..... 23-24/6 .....

Enkeltrom kr. 115,- (med forbehold om prisstigning)

Dobbeltrom kr. 185,- pr. rom (med forbehold om prisstigning)

Frokost inkl. i prisen.

Jeg anmelder ..... personer til festmiddag 23/6. Pris ca. kr. 140,- pr. pers.
Registreringsavgift kr. 150,-.

Ønsker å delta i omvisning på Musikkhistorisk Museum, Ringve ..... personer.

*Påmelding må sendes innen 1. mai til:*

*FYSIKERMØTET, FYSISK INSTITUTT*
*Universitetet i Trondheim, NLHT*
*7055 Dragvoll*

## *European Journal of Physics, Vol 1 Nr. 1, 1980*

European Physical Society (EPS) har i den senere tid gjort meget for å forbedre fysikkundervisningen på universitetsnivå. Jeg minner om EPS Lecturer Exchange Scholarship, Europhysics Education News som gis ut av Den rådgivende komiteen for fysikkundervisning etc. EPS er også ansvarlig utgiver av et nytt tidsskrift, *European Journal of Physics* (Eur. J. Phys). The Institute of Physics sørger for trykking og distribusjon. Det første nummeret kom i juni, og det er meningen at det skal bli 4 hefter pr. år. Men man tenker å forsere utgivelsen noe slik at man får gitt ut 8 nummer innen utgangen av 1981.

Professor G. W. Series fra University of Reading i England er redaktør. Redaksjonskomiteen består av 16 personer. Norden er representert med K. Kurki-Suonio fra Helsinki. Eur. J. Phys. er tenkt å skulle dekke de områdene av fysikk som andre europeiske spesialtidsskrifter ikke dekker. Det vil i praksis stort sett si at det i tidsskrifter skal utveksles ideer om hvordan fysikk bør undervises på universiteter og høgskoler. Det er bl.a. meningen å få i stand en fruktbar diskusjon om nye og kanskje kontroversielle ideer.

Heftet inneholder 12 artikler som varierer fra geofysikk i den tredje verden til tvillingparadokset og fra hamiltonprinsippet og kanoniske ligninger til demonstrasjon av nanosekund høytrykksutladning. Personlig ga artikler av M. G. Rusbridge, S. F. Darlow og I. H. Hall om approkimasjons-prosedyrer som benyttes i matematikk fysikk, meg meget. Tidsskriftet inneholder også et norsk bidrag av Ø. Gren: Manifestly covariant formulation of Bohr's theory for photon emission from an atom. Mangelfulle kunnskaper gjør at jeg dessverre ikke er fullt ut kompetent til å vurdere den artiklen. Men jeg har et bestemt inntrykk av at også den har sin vel berettigede plass blant de andre lærerike og velskrevne artiklene.

Det første nummeret av Eur. J. Phys. gir et meget bra inntrykk både faglig og typografisk. Det er en selvfølge at et slikt tidsskrift bør finnes på alle universiteter og høgskoler. Fysikklærere i den videregående skole vil utvilsomt også kunne finne interessant og inspirerende stoff i tidsskriftets spalter.

Abonnementprisen er 25 pund pr. år, men for medlemmer av NFS kun 12.50 pund.

Opplysninger om tidsskriftet kan fås ved henvendelse til: Salses Manager, The Institute of Physics, Techno House, Redcliff Way, Bristol B.S 1 6 NX, England.

*K. J. Knutsen*

---

# Bøker

*Lars Gårding:* Encounter with mathematics. Springer Verlag. 1977. 270 sider.

Det er et stort behov for bøker som gir en mer helhetlig forståelse av hva matematikk er. Gårding skriver i innledningen at hans hensikt med boken er å lage en historisk, kulturell og vitenskapelig ramme for de deler av matematikken som møter en begynner-student.

Lesere av boken bør nok ha lest en del matematikk etter gymnaset. Innholdet i boken har vekslende vanskelighetsgrad. Det er imidlertid ikke noen stor innvending, da de forskjellige delene av boken er uavhengige av hverandre.

Det er naturligvis svært vanskelig å skrive slike bøker, men Gårding har mestret dette på en meget fin og morsom måte. Boken inneholder en mengde interessante resultater og historiske kommentarer og også noen morsomme anvendelser.

*Jan Søreng*

*S.F. Dermott (ed.):* The Origin of the Solar System. J. Wiley & Sons, 1978, 668 sider.

Allerede tittelen på boka reiser interessante filosofiske spørsmål. Er det mulig å rekonstruere med sikkerhet tilstander og hendelsesforløp etter milliarder års irreversibel evolusjon. Vil det være mulig å enes om *én* teori for solsystemets opprinnelse og utvikling. Deltakelse i og nå gjennomlesning av foreliggende bok som er et resultat av NATO Advanced Study Institute i Newcastle-upon-Tyne i 1976 viser at dette er et aktuelt spørsmål. Teorien for solsystemets opprinnelse har siden Laplaces dager vært mange og fantasirike. Idérikdommen synes ikke å ha avtatt merkbart med tiden. Vi står overfor et felt med sterkt utpregede «skoleretninger» og derav følgende livlige debatter når vitenskapelig prestisje og større eller mindre grad av personlig «tro» utfordres.

Dagens teorier skiller seg fra hverandre i en rekke henseender: Om planetmaterialet er innfanget gjennom en nærpassasje mellom vår tidlige sol og en annen stjerne, om det kommer fra innfallende gass-skyer innfanget gjennom kritisk hastighets ionisasjon i solas magnetfelt eller om det i en eller annen versjon av Laplaces opprinnelige idé kommer fra ringer avskallet fra en sammentrekkende nøytral, flat gass-sky. Forskjeller finnes med hensyn til element-separasjon, om faste korn kondenserte nær termodynamisk likevekt fra en nøytral gass eller om kondensasjonen skjedde i et ionisert miljø, og så videre.

Deler av boka er egnet diskusjon av metoder for innhenting av data om de tidligere prosesser, f.eks. meteorittenes rolle som informasjonsbærere. Radiometriske dateringsteknikker har fått en grundig behandling.

Som må ventes i en bok med mange uavhengige forfattere har kapitlene fått en noe varierende kvalitet. Endel mindre kapitler kunne med fordel vært utelatt. Noen steder ville en mere presis problemformulering vært ønskelig. En noe annen redigering ville kanskje også forbedret et noe rotet førstegangsinntrykk. Boka dekker imidlertid et meget vidt fagfelt. Fysikere, kjemikere og geologer vil her alle kunne finne interessant lesning.

*Jan Trulsen.*

---

*Medlemmer opptatt på styremøte 21.11.80:*
Vit.ass. Anders Isnes, Fysisk Institutt, Blindern, Oslo.

*Studentmedlem:*
Victor Nilsen, Nordlysobservatoriet, Tromsø.

forts. fra side 10

$$t = t_0 \left(1 + \frac{1}{6}\left(\frac{d}{D}\right)^2\right)$$

hvor $t_0 = \sqrt{\frac{3s}{g \cdot \sin \alpha}}$

er tiden for en massiv sylinder.

For $\frac{d}{D} < 1$ er dette en god tilnærmelse (rekkeutvikling) til den teoretisk riktige formel

$$t = t_0 \sqrt{1 + \frac{1}{3}\left(\frac{d}{D}\right)^2}$$

Da studentene på dette tidspunkt ikke er fortrolig med begrepet treghetsmoment, blir ikke teorien diskutert med dem.

*Erfaringer.*

Etter at det nye opplegget var prøvd første året, fikk studenter og lærere anledning til å uttale seg ved hjelp av et spørreskjema. I tillegg har en intervjuet en del studenter i de senere år.

Fra lærernes side er det uttalt at det i laboratoriet hersker en atmosfære av interesse, livlig diskusjon og hardt arbeid. Studentene har liten eller ingen praktisk erfaring, noe som viser seg i mangelen på omhu og nøyaktighet i behandlingen av utstyret. I begynnelsen av kurset var det vanskelig for studentene å samle de nødvendige data og føre en uformell, men fullstendig lab.journal. Imidlertid lærte studentene dette relativt hurtig. Det er også tydelig at studentene i det 3dje forsøket arbeider langt mer planmessig enn til å begynne med. Studentene gjorde også frivillig bruk av laboratoriet utenom den timeplanfestede tid. I motsetning til, hva mange trodde på forhånd, er det liten tilbakemelding mellom grupper og årskurs, noe som bl.a. viser seg i at de samme feilene går igjen.

Studentenes kommentarer er mer variert. De mente at enkelte veiledere lot dem følge et galt spor for lenge, slik at de fikk for liten tid til å fullføre forsøkene på en tilfredsstillende måte. Studentene var imidlertid enige i at det 3. forsøket var minst tidkrevende. Veilederne manglet trening i den aktuelle form for veiledning. Studentene på sin side greide ikke å utnytte veiledningen fullt ut. Det var tydelig at studentene likte den utfordringen som lå i denne type lab.oppgave. Det fikk dem til å tenke selvstendig, og bl.a. til å innse nytten av matematikk. Dessuten satte de også pris på den kontakt som kurset gav med lærerpersonalet.

Alt i alt har en oppfattet laboratoriekurset som et vellykket og verdifullt innslag i utdannelsen. Oppmuntret av dette arbeides det nå med utviklingen av et liknende opplegg for 2. årskurs maskinstudenter.

---

forts. fra side 8

Det har naturligvis skjedd en rivende utvikling innen teoretisk kjernefysikk etter Blatt og Weisskopfs bok. For en som bare har fulgt utviklingen på avstand kan det være vanskelig å foreslå supplerende lesning, men de viktigste områder må nok være innenfor den kollektive kjernemodellen (Bohr og Mottelson) og skallmodeller. De kraftige akseleratorene som ble bygd etterhvert har også økt vår viten om vekselvirkningene mellom nukleonene ved høye energier.

Til tross for at tida tildels har løpt fra boka, inneholder den likevel klassiske perler og bør befinne seg i bokhylla til alle som vil kalle seg kjernefysikere.

*Olav Steinsvoll.*

*R.J. Keyes (ed.):* Optical and Infrared Detectors. (Topics in Applied Physics, Vol. 19). Springer, New York, 1977, 305 sider. Pris DM 86, innbundet.

Boken inneholder 7 oversiktsartikler skrevet av fagfolk innen sitt felt. Hensikten med boken er å gi en utførlig analyse av dagens infrarød detektorteknologi og gi en innsikt i fundamentale prosesser. Det er ofte en svakhet ved en bok at den er skrevet av mange forfattere. Dette fordi det kan være trettende å lese variasjoner av det samme tema i flere kapitler. På den annen side vil antagelig svært få ha noe ønske om å lese denne boken fra perm til perm, de fleste vil vel konsentrere seg om ett, høyden to kapitler, og da kan gjentagelsene være en styrke for boken.

William Herschel oppdaget den infrarøde strålingen for 175 år siden. Svært lite ble gjort på dette området før 1947, som markerer oppdagelsen av transistoren. I de neste 30 årene har utviklingen innen infrarød teknologi vært meget intens. Mange infrarøde detektorer er utviklet med tanke på at de skal være følsomme i de såkalte atmosfæriske vinduer ved 3-5 og 8-12 mikrometer.

Kapittel 2 er av beskrivende natur og behandler på en generell måte fotondeteksjons-prosessene. Dette avsnittet er velskrevet og gir en oversikt over feltet. Kapitlet inneholder flere nyttige tabeller og figurer.

Kapittel 3 gir en innholdsrik og leseverdig fremstilling av fotovoltaiske og fotokonduktive detektorer. Det neste kapitlet er om termiske detektorer. En får her et godt overblikk over situasjonen i dag, men billeddannelsen ved hjelp av pyroelektrisk vidikon, eller infrarød TV,skulle gjerne vært mer utførlig behandlet.

Fotoemissive detektorer blir omtalt i kapittel 5. Det inneholder en overraskende interessant fremstilling av fotokatoder forklart med et minimum av matematikk og med en klar fysisk forståelse. En stor del av kapitlet handler om den siste utviklingen innen fotokatoden, nemlig NEA-katoden, negativ elektron affinitets katoden. Utviklingen av NEA-katoden i løpet av de senere år, representerer et betydelig fremskritt og burde interessere alle som ser etter fotomultiplikasjoner med høy kvante-effekt over et stort bølgelengdeområde. NEA-katoden er sin klassisek motpart overlegen i hele spektralområdet, mørkestrømmen er like lav og responskurven har et flatt forløp. En svakhet er et lite katode areal og dårlig responstid. Dessuten er de kostbare, omlag 5 ganger dyrere enn de konvensjonelle katoder.

I det neste kapitlet blir det redegjort for ladningskoplete enheter, såkalte CCD. Denne delen av boken er nok noe tunglest som vesentlig skyldes et vanskelig tema. Teknikken kan benyttes til termisk avbilding hvor temperaturforskjeller ned til en grad registreres.

Det siste kapitlet omhandler ikke-lineær heterodyn deteksjon, som er en videreutvikling av konvensjonell heterodyn deteksjon. Kapitlet er matematisk intensivt. I det infrarøde området er denne teknikken fremdeles på forskningsstadiet. Anvendelsesmulighetene er mange, f.eks. påvisning av CN-radikaler i verdensrommet og deteksjon av forurensningsgasser i atmosfæren.

Jeg vil til slutt si at boken vil være en nyttig referanse, men den egner seg neppe som lærebok. Alle kapitlene har en innholdsrik litteraturliste.

*Ingar Singstad*

# Kvantefenomener i molekylarbiologien

## Del 2.

*Jan A. Pappas*)*

*REGULERINGSPROSESSER*

*Proteiner som halvledere*

Proteiner som har kompliserte reguleringsfunksjoner, som f.eks. enzymer, er eksempler på systemer hvor

— Det er behov for å overføre informasjon, energi og elektroner over større avstander innen molekylet

— Tilsynelatende små endringer i strukturen kan gi store endringer i funksjonen (regulering).

Nå er et enzym i prinsippet formet som en lang kjede som er kveilet opp på en komplisert måte. Denne kjeden består av en ryggrad av regelmessige sammensatte enheter av peptidbindinger og på disse henger ulike grupper (ca. 20 ulike) som skiller aminosyrene fra hverandre.

Fra krystallfysikken vet vi at elektronnivåene i periodiske systemer vil gå sammen i bånd som er delokaliserte over hele systemet, og i denne sammenhengen kan man se på et protein nesten som en 1-dimensjonal krystall. Nå vet man også at et slikt systems egenskaper som elektron-leder er avhengig av fyllingsgraden av båndene, som illustrert i fig. 5. Elektroner i fulle bånd har ingen bevegelighet som ladnigsbærere.

Betraktninger som dette ledet en av vår tids mest farverike biokjemikere, A. Szent-Györgyi, så tidlig som i 1941 til å foreslå at proteiner burde være halvledere. Imidlertid syntes overslag å vise at båndgapet i proteiner burde være så stort at termiske eksitasjoner av elektoner til ledningsbåndet (så de kan bli ledende) ikke kunne være mulig. Man lærte imidlertid raskt at ledningsevnen til en krystall er enormt avhengig av «forurensninger» i krystallen. Disse kan være av to typer

— Akseptorer: Fremmedatom/grupper med *færre* elektroner enn resten av gruppen (hull).

— Donorer: Fremmedatomer/grupper med flere elektroner enn resten av gruppen.

Det vesentlige er nå hvorledes elektronnivået i A/D ligger i forhold til båndene som skissert i fig. 6. Hvis et akseptornivå ligger nær et fullt bånd, kan dette bli ledende ved at et elektron eksiteres fra båndet til akseptoren. Omvendt, hvis et donornivå ligger tett under et tomt ledningsbånd, kan donorelektronet bli ledende ved at det eksiteres til ledningsbåndet.

I halvlederteknologien føres akseptorer og donorer kunstig inn i krystaller ved doping - i proteiner er de allerede bygget inn i peptidkjeden i form av NG-grupper (donorer) og C=O grupper (akseptorer), selv om disse gruppene ikke kan utveksle så mye ladning som et helt elektron tilsvarer.

Proteiner har en viktig egenskap til i relasjon til halvlederegenskaper - at rekkefølgen av donorer og akseptorer ikke er tilfeldig, men har et ordnet mønster. Dette tilsvarer halvledere som er n-p dopet i et spesielt mønster. Slik regelmessig doping utnyttes som kjent til å konstruere spesielle halvlederkomponenter.

Foreløpig har vi betraktet proteiner som en lang kjede, men dette er ikke hele billedet. Mellom proteinkjedene finnes det et system av svakere bindinger, de såkalte hydrogenbindinger. Hittil har man stort sett konsentrert seg om at hydrogenbindingene har en stabiliserende effekt på enzymets eller proteinets geometri (som er helt essentielt for dets funksjon). Men disse bindingene kan også være svakt ledende. Dette åpner en ny dimensjon, fordi det muliggjør dannelse av elektriske sløyfer og kretser inne i et proteinmolekyl. Betrakter man et protein fra dette fysikalske synspunkt, blir man fristet til å si som en av grunnleggerne av modellen for elektrisk leding i krystaller, L. Brillouin: Proteiner synes å ha innebygget alle muligheter til å fungere som elektroniske kretser. Det skulle forundre en meget om tiden ikke vil vise at naturen har visst å utnytte dette.

Halvlederfysikken peker også på en mulighet til å lede elektroner fra ett makromolekyl til et annet uten at disse nødvendigvis er kjemisk bundne. Analogien går på at man kan få ledning fra en metallisk leder til en annen over et isolerende oksydsjikt på 10-20 Å p.g.a. tunneling av elektronene gjennom oksydbarrieren. Nå er ikke proteiner metallisk ledende, men på den annen side er en barriere på 10-20 Å en stor avstand mellom to makromolekyler.

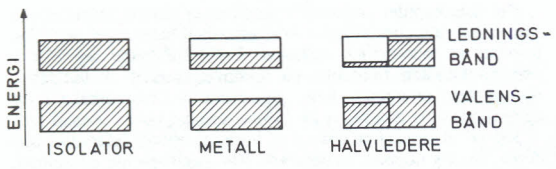



Fig. 5 Ledningsegenskapene til en krystall er bestemt av fyllingsgraden og gapet mellom båndene.

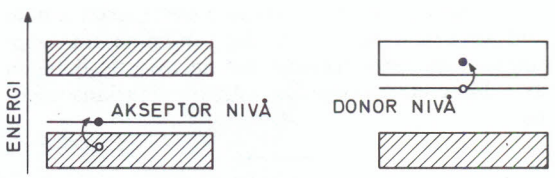



Fig. 6 Virkningen av fremmedgrupper på ledningsegenskapene.

*$O_2$, celledeling og halvledning*

I det følgende skal vi se på konsekvensene av proteiners halvlederegenskaper i en større sammenheng, slik de er blitt formulert av A. Szent-Györgyi. Som biokjemiker så han tidlig hvilken enorm betydning dette kunne ha for regulerings. og styringsmekanismer i molekylarbiologien, lenge før de fleste fysikere visste hva halvledning var. Senere arbeidet han intenst for å føre biokjemi og fysikk sammen på dette feltet. I de senere årene har det lyktes, og det følgende er essensen av noen av Szent-Györgyi's idéer.

Fra livets opprinnelse for 2 milliarder år siden til for ca. 1,5 milliarder år siden fantes ikke $O_2$ i luften og det var sannsynligvis mørkt p.g.a. all vanndampen som absorberte lys.

Livet i denne anaerobe fasen, la oss kalle den α, fikk sin energi gjennom gjæring, som er meget ineffektivt, men som krever lite komplisert cellestruktur, kun løselige komplekser av makromolekyler. Liv ble opprettholdt ved en rask celledeling som jo lettere kan gå for seg i enkle celler uten kompliserte membranstrukturer etc. som må rives ned.

For ca. 1,5 mill. år siden var jorden kjølnet såpass at $H_2O$ begynte å kondensere og langbølget (rødt) lys slapp gjennom atmosfæren. Naturen laget et grønt pigment til å fange opp lyset og lærte å utnytte energien til å spalte $H_2O$ til H og $O_2$. Dette ble så brukt til å oksydere gjæringsproduktene videre, slik at energien i næringen kunne utnyttes vesentlig bedre. Samtidig bygget cellen opp mer og mer kompliserte strukturer som disse og mange andre nye prosesser trengte, ikke minst til regulering, opp til det vi kjenner i dag. All denne økning i kompleksitet medførte også at celledelingen ble betydelig sjeldnere. Dette er den aerobe fase, la oss kalle den β.

Hvis det nå var tilstedekomsten av $O_2$ som transformerte liv fra den stillestående α-fasen til den evolusjonskraftige β-fasen, hvordan gjorde den det? Livet fikk en voldsom ny energikilde gjennom oksydasjon og fotosyntese, men energi er i seg selv ikke nok til å indusere forandringer. Det trengtes også noe som kunne medføre større orden (lavere entropi) i systemet.

Vi har tidligere sett at makromolekyler som f.eks. proteiner har en typisk båndstruktur - det som avgjør ledningsegenskapene er fyllingsgraden av båndene.

I α-perioden var det mangel på $O_2$, det var m.a.o. et sterkt reduserende miljø. Oversatt til fysikk betyr det at det var et stort overskudd av elektrondonorer som rett og slett fylte igjen det som måtte finnes av hull i båndene. Så på grunn av det store elektrontrykket, var proteiner i α-fasen diamagnetiske, vannløslige, stort sett farveløse og ikke ledende.

Det store poeng med $O_2$ er at det er naturens beste akseptor, det kan ta opp elektroner, så med tilstedeværelsen av $O_2$ var muligheten der til å få laget hull i båndene slik at noen av makromolekylene kunne bli ledende.

Men historien er ikke så enkel. For det første reagerer ikke $O_2$ direkte med proteiner, og selv om det så gjorde ville det egentlig ikke hjelpe så mye, fordi $O_2$ reagerer med elektronpar mens et protein blir ikke ledende ved å ta ut elektronpar, men ett elektron. Så naturen trenger en akseptor som kan ta opp ett elektron, overføre det videre til $O_2$ og samtidig stabilisere det radikalpar som dermed dannes.

Og det finnes. Vi har før sett at C = O er en god akseptor, og organisk bundet i form av f.eks. metylglyoxal, $CH_3COCOH$, tilfredsstiller de kravene ovenfor ved å kople seg til aminogruppene (donorgruppe NH) i proteiner.

Den type kompleks som dannes når en akseptor og en donor bindes ved å overføre ladning kalles et charge-transfer kompleks. Kvantekjemiske beregninger har blitt utført på noen av de charge-transfer reaksjonene som kan forekomme når stoffer som metylglyoxal binder seg til proteiner, og man har funnet at CO gruppene på denne måten trekker ladning ut av proteinet. Videre har man vist at paramagnetiske makromolekyler (de som ikke har fulle bånd) generelt vil ha en større tiltrekkende vekselvirkning enn diamagnetiske makromolekyler (de med fulle bånd). Dette er enormt viktig, for det betyr at makromolekyler som har fått tømt litt av sine bånd lettere vil være i stand til å kople seg sammen i store strukturer som f.eks. i komplekse membraner - hvilket jo nettopp er det som karakteriserer den aerobe fase.

Det som altså skjedde ved tilkomsten av $O_2$ var at balansen mellom donorer og akseptorer ble forrykket. I α-fasen var det donoroverskudd med enkle systemer og i β-fasen ble det akseptor overskudd som muliggjorde komplisert ordning og regulering av makromolekylene. Vi skal fullføre denne linjen fra α⟶β ved å se hvorledes celler også nå kan regulere sin aktivitet ved å regulere forholdet mellom donorer og akseptorer.

I alle kjente aerobe celler finnes et enzymsystem som kan omforme metylglyoxal til melkesyre. I 50 år har man kjent til dette, men ikke forstått dets funksjoner før i lys av donor-akseptorbalansen. For melkesyre er ingen god akseptor. Naturen har m.a.o. sin måte å regulere donor-akseptorbalansen på f.eks. ved å inaktivere en akseptor (overføre metylglyoxal til melkesyre). Men når brukes dette?

Det interessante svar er ved celledeling. Da skal alle strukturer nedbrytes - og det gjøres ved å øke antall donorer. Da blir proteinene diamagnetiske, strukturen oppløses, oksydasjon opphører og cellen lever kun av gjæring. Men dette er jo akkurat den opprinnelige anaerobe α-fasen, m.a.o. ved celledeling vender en celle tilbake til α-tilstanden. Dette utløses ved at donor-akseptorbalansen forskyves i retning av donoroverskudd. Akseptorene reduseres

forts. side 24

# Havbølger og fysikk Del 2

## Vekselvirkning med strøm

*Kristian Barstad Dysthe*

De fleste som har reist med båt gjennom sund med sterk tidevannsstrøm har vel observert hvordan bølgehøyden varierer med strømmen.

Det er kanskje forbausende at en enkel og oversiktlig måte å beskrive utveksling av energi mellom bølger og strøm, først ble utarbeidet på 1960-tallet. Det viste seg da at en gammel kjenning fra mekanikken - adiabatisk invarians - var et utmerket redskap også her.

Det klassiske mekaniske eksempel er en pendel hvor pendellengden, $l$, varierer sakte (i forhold til svingetiden). Da vil forholdet mellom pendelens energi og dens frekvens $E/\omega$ (Aksjonen) være en adiabatisk invariant. Setter en inn uttrykket for E og $\omega$ for en pendel (små svingninger), får en at det maksimale vinkelutslag varierer proporsjonalt med $l^{-3/4}$.

Dersom E er energitettheten i en bølge med frekvens $\omega$ og bølgevektor $\underline{k}$, viser det seg at en har følgende konserveringsligning

$$(15) \quad \partial N/\partial t + \nabla \cdot (\underline{v}_g + \underline{u}) = 0 ,$$

hvor

$$N = E/(\omega - \underline{u}.\underline{k})$$

er aksjonstettheten og $\underline{u}$ betegner strømhastigheten. Her er $\underline{v}_g + \underline{u}$ bølgens energitransporthastighet $\partial\omega/\partial k$, og $\omega - \underline{u}.\underline{k}$ og $\underline{v}_g$ er henholdsvis bølgefrekvens og gruppehastighet i forhold til et referansesystem som beveger seg med den lokale strømhastighet. Ligning (15) gjelder i adiabatisk forstand, det vil si når den relative variasjonen av strømhastigheten $\underline{u}$ i rom over en bølgelengde og i tid over en bølgeperiode, er liten.

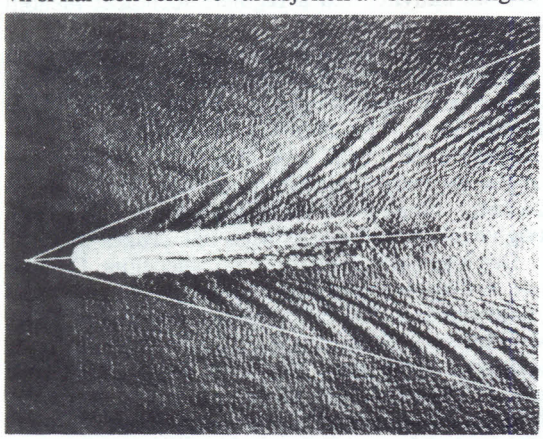


Fig. 8 Skipsbølgemønster sett ovenfra. De inntegnede linjer danner henholdsvis 19.5° og 35° med fartsretningen (Newman, 1970).

La oss se på en enkel anvendelse av (15). Et bølgetog beveger seg parallelt med strømretningen (x-aksen), og strømmen (som er uavhengig av tiden) varier bare i x-aksens retning. Vi får da fra (15)

$$(16) \quad E\, v_g\, (v_g + u) = \text{konstant}$$

Herav følger det at energien E (og dermed bølgehøyden) må øke når bølgene går mot strømmen ($v_g u < 0$), og minke når de går med strømmen ($v_g u > 0$). Vi ser også at effekten blir særdeles markert der hvor den lokale strømhastigheten nærmer seg $-v_g$, slik at energitransporthastighten $v_g + u$ nærmer seg null. Bølgetoget vil ikke kunne trenge gjennom til området hvor $u < -v_g$.

*Stabilitet*

Så underlig den kan høres ble stabiliteten av overflatebølger ikke gjenstand for undersøkelser før midten av 1960-tallet. Tidligere ser det ut til at en har tatt denne som gitt. En var allerede tidlig klar over at forholdet mellom bølgehøyde og bølgelengde ikke kunne overstige et visst tall, nærmere bestemt 0.14. Et bølgetog som ligger helt opp til denne grensen blir gjerne betegnet ekstrem. For ekstreme og nær ekstreme bøgletog kunne allere Stokes vise (ved en elegant beregning) at bølgekammene som for disse bølgene nærmest er skarpe hjørner, har en åpningsvinkel på 120°* (se figur 9).

Det viser seg at et uniformt bølgetog i prinsippet alltid er ustabil på grunn av ikke-lineære effekter. Dette vil gi seg utslag i at bølgetoget vil «modulere seg selv», som antydet på figur 10. Relevante mål for hvor «ikke-lineær» bølgen er, gir forholdet mellom bølgehøyde og bølgelengde, eller alternativt produktet av bølgetall og amplitude ka som kalles steilhetsparameteren. For en ekstrem bølge er ka = 0.44. I figur 11 har vi antydet hvordan signalet fra en stasjonær bølgekilde vil bryte opp i grupper etter å ha beveget seg en avstand av størrelsesorden $(ka)^{-2}$ bølgelengder. Gruppene har en lengde på $(2ka)^{-1}$ bølgelengder.

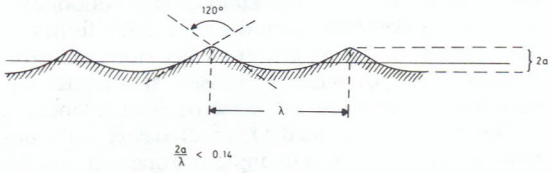



Fig. 9 Formen på store bølger.

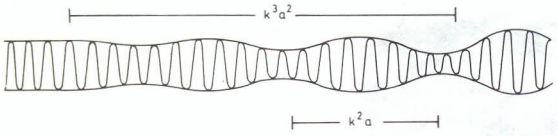



Fig. 10 «Selvmodulasjon», en prinsippskisse.

For vindbølger som er en statistisk sammensetning av bølgetog, som antydet i figur 1, kan en vise følgende: Dersom bølgetallspektret (Fouriertransformen av den romlige kovarians $<\eta(\underline{x},t)\eta(\underline{x}+\underline{r},t)>$) er bredere enn $2k^2\bar{a}^{**}$ i vindretningen, vil «modulasjons»-instabiliteten være undertrykket. Bredden av den energirike del av vindbølgespektret vil i praksis være større, men ikke mye større enn $2k^2\bar{a}$. Dette betyr statistisk at lengden av de mest fremtredende bølgegrupper er noe mindre enn $(2k\bar{a})^{-1}$ bølgelengder. Typiske verdier for $k\bar{a}$ ligger i området 0.07-0.08. Dette skulle tilsi at en fremtredende lengde på bølgegrupper skulle være ca. 6-7 bølgelengder. Legg merke til at dette (kvalitativt noe «omtrendtlige» utsagn tilsynelatende er uavhengig av bølgespektrets intensitet og den mest fremtredende bølgelengde. Dette skyldes at produktet $k\bar{a}$ til en brukbar tilnærmelse er uavhengig av vindhastighet, og hvor langt vinden har fått virke (fetch).

Den gamle sjømanns-«overtro» om «den syvende bølge» har kanskje en god del for seg likevel!

*Litt om statistisk overflatefordeling*

Så langt har jeg ikke nevnt mye om statistisk beskrivelse av bølger. Som figur 1 antyder kan den opprørte havoverflate med en rimelig tilnærmelse representeres ved en uendelig sum av plane bølger

$$(17)\quad \eta(x,t) = \sum_{-\infty}^{\infty} a_\ell \exp i(\omega_\ell t - \underline{k}_\ell \cdot \underline{x})$$

hvor $\eta(x,t)$ nå er å betrakte som en stokastisk prosess. Da de enkelte frekvenskomponenter skapes på forskjellige steder og beveger seg forskjellig, er det rimelig å anta at de komplekse amplitudene $a_l$ er statistisk uavhengige, det vil si $<a_l a_m> = 0$ når $l \neq m$ (hvor $<>$ betegner ensemble middel).

Fra «sentral-grense teoremet» skulle en da vente at $\eta$ (overflateforskyvningen) var Gaussisk fordelt. Figur 11 sammenligner fordeling $P(\eta)$ av et stort utvalg av data med en Gaussisk fordeling. Som vi ser er oversensstemmelsen god, men det er et signifikant avvik for svært store og svært små forskyvninger. Dette ble forklart av Longuet-Higgins i 1963 med en ikke-lineær effekt, som vil gi en svak korrelasjon mellom de forskjellige komponenter av energispektret. Longuet-Higgins' teoretiske fordeling er vist som den stiplede kurven i figur 11.

Kvalitativt lar dette fenomen seg forstå ved å betrakte formen av et endelig amplitude bølgetog (se figur 10). I forhold til en sinusformet overflate er bølgetoppene steilere og bølgedalene flatere. Det fører til at maksimum og minimum for overflatehevninger $\eta$ ikke ligger symmetrisk om likevektsnivået, men er forskjøvet oppover.

Begrepet signifikant bølgehøyde som benyttes i forbindelse med bølgevarsling, er det statistiske middel av den høyeste tredejedel av bølgene. En kan vise at denne er 3.13 x overflatens standardavvik fra likevektsposisjonen, $(<\eta^2>)^{1/2}$.

*I havet finnes bølger av mange slag---*

Så langt har vi konsentrert oss om vanlige «havgående» overfaltebølger. Kystens topografi med fjorder, nes, viker, øyer og havnebasseng gir opphav til en sann mangfoldiget av bølgefenomen. Velkjente er de uheldige resonanssvingninger (stående bølger) som oppstår i havnebasseng og kan drives ved innfallende havbølger med svært lange periodetider (minuttområdet). Mindre kjent er det en kunne kalle «strandbølger», og som ble påvist teoretisk av Stokes i 1846. Dette er en bølgemodus som kan bevege seg langs en skrånende strand og hvor bøgleenergien er konsentrert inne i strandområdet. Stranden virker med andre ord som en bølgeleder for disse bølgene, hvis dispersjonsrelasjonen er gitt som

$$(18)\quad \omega^2 = gk \sin\alpha,$$

hvor $\alpha$ er strandens skråningsvinkel i forhold til horisontalplanet. Lenge ble Stokes' løsning nærmest betraktet som en matematsk raritet. Ved studium av sedimenttransport på strender viser det seg imidlertid at det svært ofte oppstår regelmessige «bølgemønster» som figur 12 viser et eksempel på.

* For stående bølger kan denne åpningsvinkelen bli 90°.
**Her er $\bar{a} = (<a^2>)^{1/2}$, og k er et «fremtredende bølgetall i spektret. $<>$ står for ensemble middel.

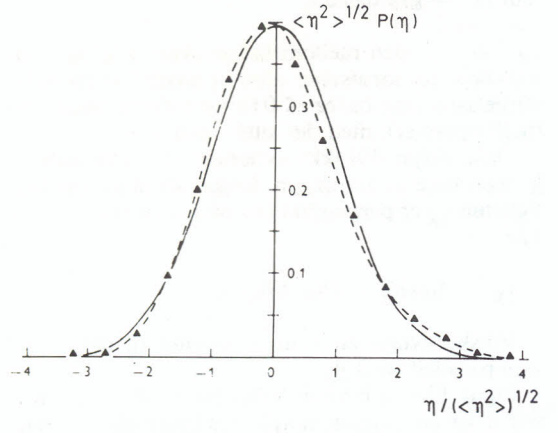



Fig. 11 Sannsynlighetstettheten P (η) for forskyvningen η (Normalisert vha. standardavviket). Trianglene ^ representerer 11786 datapunkter, -----Gaussisk fordeling, -----Gram-Charlier fordeling (Longuet-Higgins). (Fra Phillips 1977).

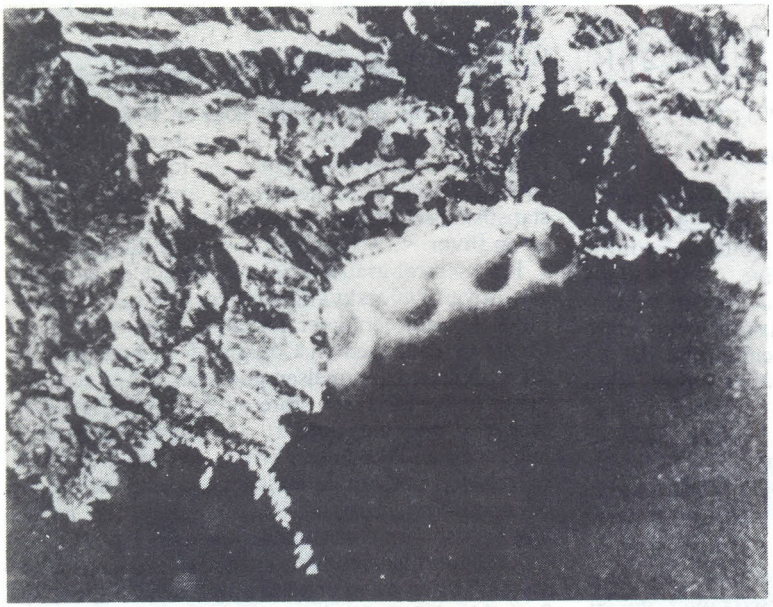


Fig. 12 Regelmessig mønster på strand antakelig indusert av stående «strandbølge». (Bowen og Inmann, 1971).

Dette kan en tolke som indusert av en stående «strandbølge» (innfanget i den halvmåneformede bukten) omtrent som transporten av pollenkorn i et Kundt's rør induseres av en stående akustisk bølge. «Strandbølgen» eksisteres ved at den er svakt koblet til den tilsvarende frekvenskomponent i det innfallende havbølgespektrum.

*Indre bølger*

De såkalte indre bølger som kan eksiteres der hvor havets tetthet varierer (pga. variasjon i temperatur og saltholdighet) befinner seg under havets overflate og er derfor unndratt vår visuelle erfaring. I oseanografisk sammenheng er de imidlertid minst like viktige som overflatebølgene. De første observasjoner av indre bølger i havet ble publisert av Helland-Hansen og Nansen i 1909.

For indre bølger med små bølgelengder (i forhold til en karakteristisk lengdeskala for havets tetthetsvariasjon) har en dispersjonsligningen

$$(19)\ \omega = N|\cos\theta|$$

hvor N er den såkalte Brunt-Väisälä frekvensen gitt ved

$$(20)\ N^2 = -g/\rho\ (\delta\rho/\delta z),$$

og $\theta$ er vinkelen mellom bølgevektoren $\underline{k}$ og horisontalen. En forutsetter altså at havet har en stabil tetthetssjiktnng, $\delta\rho/\delta z < 0$ (hvor z-aksen peker vertikalt oppover), med det lette vann øverst.

Da $\omega$ ifølge (19) ikke avhenger av tallverdien av $\underline{k}$, men bare av retningen, følger det at gruppehastigheten $\underline{v}_g$ er perpendikulær på $\underline{k}$ som vist på figur 13c.

$$\underline{v}_g = \delta\omega/\delta\underline{k} = (\delta\omega/\delta\theta)\underline{e}_\theta/k$$

Væskebevegelsen som er knyttet til bølgen vil skje parallelt med $\underline{v}_g$.

Figur 13a og b viser bilder fra et laboratorieforsøk hvor en horisontal sylinder (normalt på papirplanet) utfører små (horisontale) svingninger i en væske med stabil tetthetsgradient. Forholdet mellom frekvensen på disse svingingene, og Brunt-Väisälä frekvensen, vil ifølge (19) bestemme retningen,

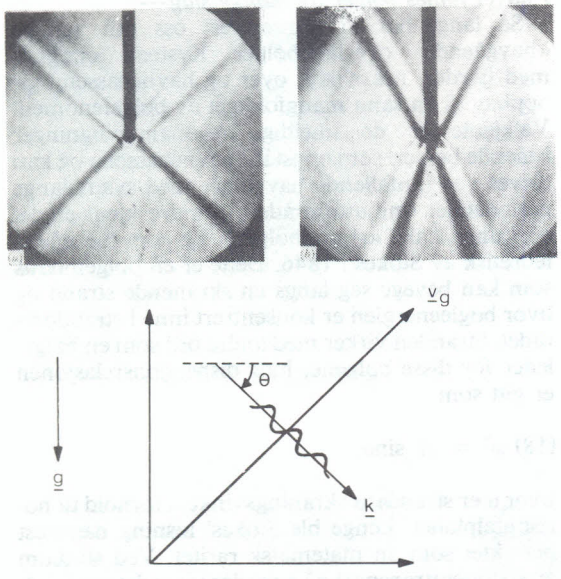



Fig. 13 Fra laboratorieforsøk med indre bølger i en inhomogen væske (a) $\omega/N = 0.6$, (b) $\omega/N = 0.9$. Skisse av forholdet mellom gruppehastight og bølgevektor (c).

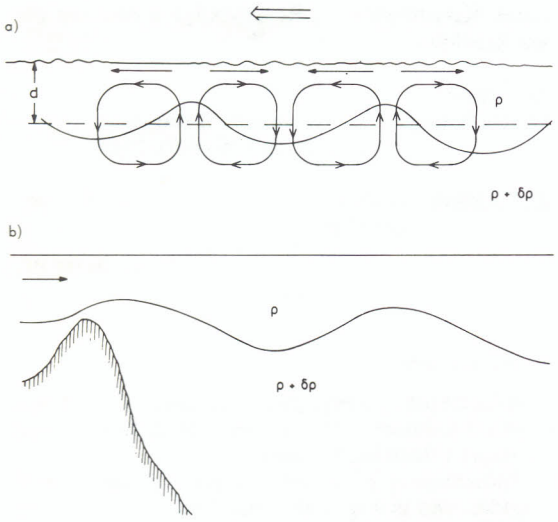



Fig. 14 (a) Væskebevegelse indusert ved en indre bølge med lang bølgelengde som beveger seg langs «termoklinen». (b) Bølgebevegelse forårsaket av tidevann over en undervannsrygg.

$\theta$, til $\underline{k}$ og dermed retningen av $\underline{v}_g$ eller utstrålingsretningen. Siden det svarer fire verdier av $\theta$ til hver verdi av $\omega/N$, vil også utstrålingen skje i fire retninger.

I havet vil en ofte ha et øvre lag tykkelse d hvor en har konstant temperatur og saltholdighet (og dermed tetthet). Under dette har en et sjikt, termoklinen, hvor temperaturen avtar relativt raskt. Nedenfor termoklinen avtar temperaturen bare svært langsomt.

For bølgehøyder mye større enn d (og tykkelsen på termoklinen) vil indre bølger utbre seg horisontalt, og ha store likhetspunkter med overflatebøger (se figur 14a) bortsett fra at periodetiden er mye større. Dispersjonsligningen for disse lange bølgene er

$$(21)\quad \omega^2 = (\delta\rho/\rho)\, gdk^2,$$

hvor $\delta\rho$ er tetthetsspranget over termoklinen. Ved en sammenligning mellom (21) og (A.16) ser en at bølger på grunnt vann er analoge med indre bølger på en «grunn» termoklin, bortsett fra at forplantningshastigheten er mindre i det sistnevnte tilfellet med en faktor $(\delta\rho/\rho)^{1/2}$.(I havet er typisk $\delta\rho/\delta \sim 10^{-3}$.

Som antydet i figur 14 vil en indre bølge ikke gi noen hevning av betydning av overflaten. Forholdet mellom amplituden av overflatehevningen og den tilsvarende amplitude for hevningen av termoklinen er som $\delta\rho/\rho$.

Som illustrert i figur 14a forårsaker en indre bølge en overflatestrøm som skifter retning periodisk. Det viser seg at nettopp denne induserte overflatestrømning gjør det mulig å observere bølgene

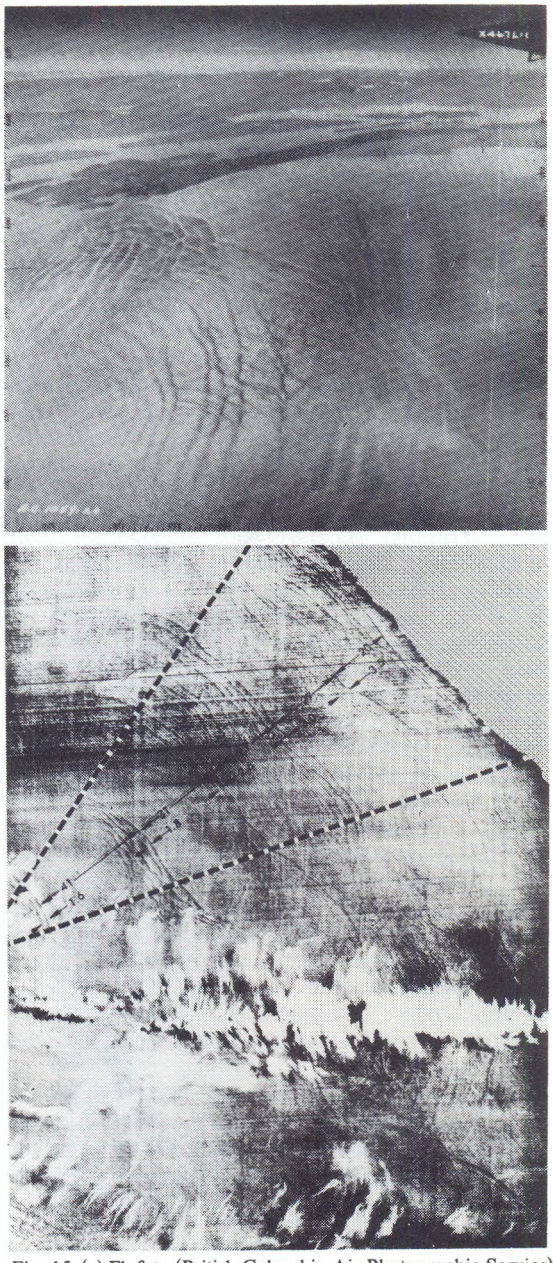


Fig. 15 (a) Flyfoto (British Columbia Air Photographic Service) som viser overflatemønster forårsaket av indre bølger . (b) Satelittfoto (Apel et al. (ERTS), J.G.R., 1973, som viser seks bølgegrupper som stråler ut fra en «liten» kilde ved Sørvest-Afrikas kyst.

ovenfra. For å forstå hvordan dette kan gå til, skal vi ta et lite tilbakeblikk på det vi sa om vekselvirkning mellom bølger og strøm. I et referansesystem som beveger seg med den indre bølgen (med farten $c = (gd \cdot \delta\rho/\rho)^{1/2}$, typisk av størrelsesorden 1 m/sek.) vil overflatestrømmen være uavhengig av tiden. For det enkle tilfellet at den indre bølge og overflatebølgen går i samme retning kan vi benytte

(16) som nå har formen

(22) $E\, v_g(v_g + u - c) = \text{konstant}.$

Herav ser vi at de overflatebølgene som påvirkes mest av strømmen, er de som har en gruppehastighet i et område omkring c. Dette vil være bølger med relativt små bølgelengder (størrelsesorden 1/2 m).

Figur 15 a og b viser henholdsvis flyfoto og satelittfoto av et utsnitt av havoverflaten, hvor det meste av de markante overflatestrukturene kan tolkes som indusert av underliggende indre bølger. Ved at den kortbølgete del av overflatebølgene påvirkes av de induserte overflatestrømmene vil også det midlere stigningsforhold på overflaten ($<(\nabla \eta)^2>$) og dermed den midlere refleksjonsvinkel påvirkes (se figur 14b), og derfor overflatens «albedo».

Det er ennå et åpent spørsmål hva som er de mest vesentlige genereringsmekanismer for indre bølger. Noen slike er imidlertid kjente. Figur 15b viser et satelittfoto av bølgegrupper som stråler ut fra et lite område på Afrikas vestkyst. En kan her identifisere kilden som en undervannsrygg som når opp nær termoklinen. Når tidevannet er for utgående dannes indre bølger (i le av ryggen) som beveger seg til havs. Avstanden mellom gruppene svarer til den distanse bølgene har tilbakelagt mellom to utgående tidevann.

Et velkjent fenomen for sjøfolk er det såkalte «dødvann», det at et skip som går med svært sakte fart møter en unormalt stor motstand mot bevegelsen. Dette skjer ofte i tidevannsbasseng utenfor utløpet av større elver. Her skapes det en grunn termoklin (på noen få meter) ved at lett ferskvann flyter over det tyngre havvannet. Motstanden mot et skips bevegelse består vanligvis av to likeverdige komponenter: friksjonsmotstand og bølgemotstand, som begge avtar raskt med skipets hastighet (for små hastigheter $\propto u^2$. Ved at skipsskroget kommer nær en grunn termoklin, vil det virke som en effektiv bølgegenerator for indre bølger forutsatt at skipets hastighet fremdeles er større enn forplantningshastigheten for bølgene (som typisk er av størrelsesorden $< 1$ m/sek).

*Sluttord*

I denne artikkelen har jeg ikke forsøkt å gi noe utfyllende fremstilling av bølgefenomen i havet - det ville kreve en bok (om ikke flere). Jeg har forsøkt å gi noen få smakebiter, som forhåpentlig har virket velsmakende for fysikere, og kanskje vil gi noen av dere lyst til å studere emnet nærmere. For de sistnevnte har jeg referert til to bøker som skulle inneholde det meste av relevante referanser til originallitteraturen.

En ting jeg overhodet ikke har berørt er de mer storstilte bølgefenomen i havet med periodetider fra en halvtime opp til mangfoldige døgn (f.eks. tsunami, Kelvinbølger og Rossbybølger), men det går vel kanskje an å komme tilbake en annen gang!

*Referanser*

O. M. Phillips: The dynamics of the upper ocean, Cambridge Univerity Press, 1977.

J. Lighthill: Waves in fluids, Cambridge University Press, 1978.

**Forts. neste nr.**

---

Forts. fra side 19.

ved å inaktivere metylglyoxal og donorantallet økes ved å produsere -SH grupper som hittil har ligget maskert i disulfidbindinger.

Indikasjoner på at cellen vender tilbake til α-tilstanden ved deling, kan f.eks finnes i reduksjonen av ESR signaler (radikalkonsentrasjonen) som man ser i raskt voksende vev. NMR undersøkelser tyder videre på øket uorden i vannstrukturen i cellene. En videre bekreftelse på den regulerende rollen til donor-akseptor balansen er at cellens delingsprosess også faktisk kan stoppes ved å tilføre akseptorer (metylglyoxal) uten å skade cellen.

Når celledelingen er ferdig, gjenopprettes donor-akseptorbalansen og cellen vender den tilbake til den aerobe β-fasen.

Dette har faktisk også sin patologiske fasett - for sett nå at ett eller annet forstyrrer reguleringen av akseptor-donorbalansen og dermed forhindrer cellen i å vende tilbake til β-fasen - da har vi en cellekultur i α-fasen som bare vokser og vokser, eller m.a.o. kreft. Dette har da også initiert kreftforskning i disse baner.

Så vi ser at mens redoxprosesser er viktige for energiproduksjonen, spiller charge-transfer prosesser en sentral rolle i regulering. Og dette er igjen bestemt av forholdet mellom elektrondonorer og elektronakseptorer - kanskje en av de viktigste fysikalske parametre i liv.

Så det var vel ikke så rart at A. Szent-Györgyi på slutten av et langt liv som biokjemiker gjorde opp status ved å si:

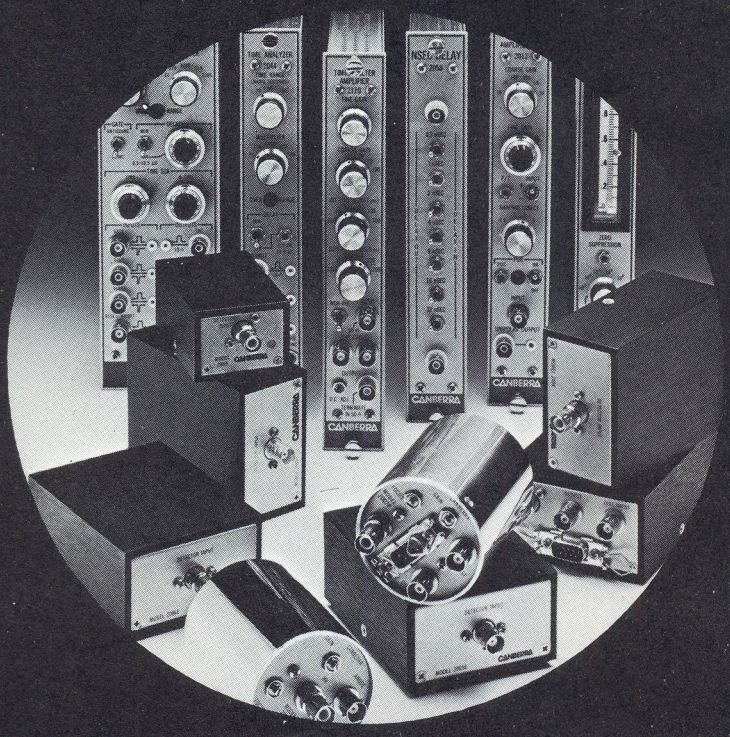
«I feel certain that we will be unable to understand life without descending first from the molecular to the electronic dimension. Present biology is a molecular biology which teaches that our body is built of molecules and so its reactions have to be molecular. We are expected to belive that the wonderfully subtle biological reactions, which are the marvel of creation, are the products of clumsy, poorly reactive macromolecules, with their low reactivity and high activation energies. I am deeply convinced that these macromolecules are not really the actors of the drama of life. They are rather the stage on which this drama is enacted while the real actors are mobile electrons.»

# VI LEVERER:

Gammaspektroskopi
Helsefysikk

# VÅRE LEVERANDØRER:

Canberra, Harshaw
Eberline, Automess




Camac
Gamma- og betatellere
Dosimetri

Borer, Fisher
LKB/Wallac
Capintec, PTW,
Therados

# VI HAR UTSTYRET!

Kontakt Nukleær-/Analyse-seksjonen

solberg & andersen a|s

Brynsvn. 5, Oslo 6, tlf.: (02) 19 10 00

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

*Redaktør:*
Forsker Olav Steinsvoll
Institutt for energiteknikk,
Boks 40, 2007 Kjeller

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

*Redaksjonskomite:*
Førsteamanuensis Tryggve Grotdal, Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen, 5014 Bergen.
Forsker Jan Myrheim, NORDITA, NBI, Blegdamsvej 17, 2100 København Ø, Danmark.
Førstelektor Øivin Holter, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, Blindern, Oslo 3.
Lektor K. Jostein Knutsen, Luftkrigsskolen, 7000 Trondheim.
1. amanuensis Ove Bratteng, Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø.
Professor R. Tangen, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, Oslo 3.

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 40.00. Årsabonnement for studenter og skoleelever kr. 20.00.

Sekretær:
Gudrun Græsmann.

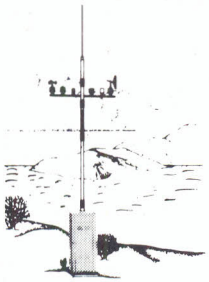
Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk Institutt, Universitetet i Trondheim
Norges lærerhøgskole
7055 Dragvoll

Postgirokonto: 5 10 47 24
Bankgirokonto: 8601.36.12279

**Data Collection.....**

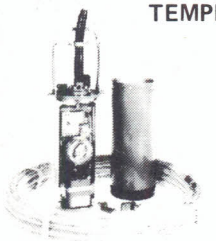
*AANDERAA INSTRUMENTS has been developing and manufacturing oceanographical and meteorological data recording instruments since 1966.*

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



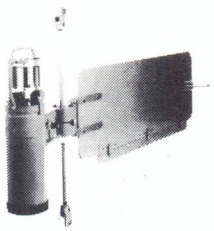
**WEATHER STATION**

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



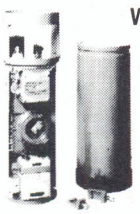
**TEMPERATURE PROFILER**

*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*