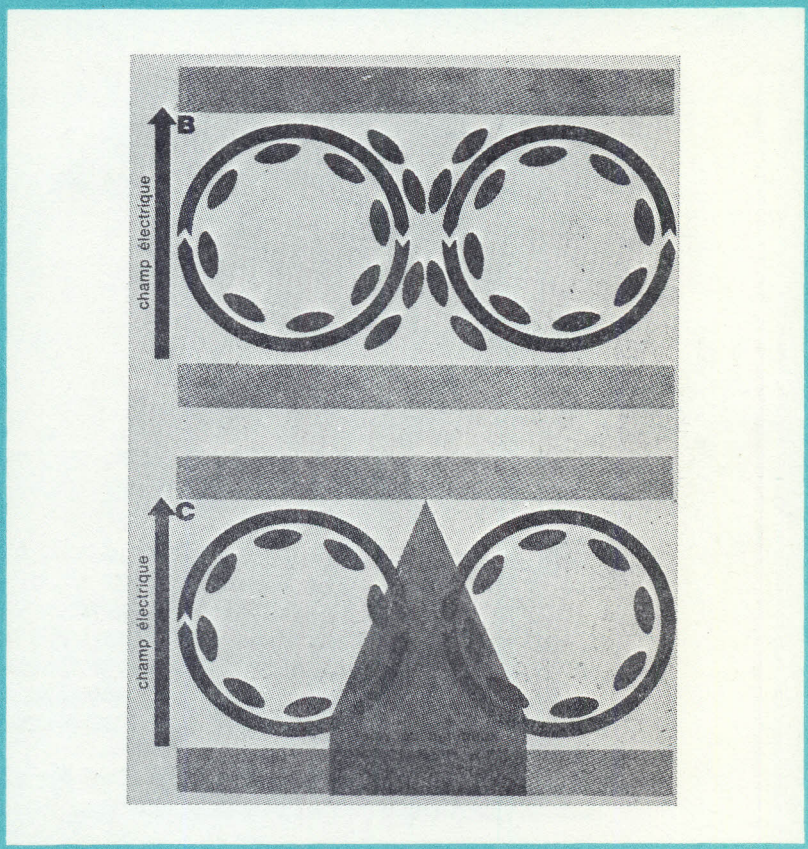
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Forskning/teknologi spiralen	73
Implantert biologisk brennstoffcelle	76
Nye medlemmer	78
Hva består protonet av? — II	79
Solenergiens anvendelser — II	85
Orientering om væskekrystaller	88
J. Bjerknes 1897—1975	95
Flere nye partikler	95
Møte i optikkseksjonen NFS	95
H-P prisen utdeles	96
Nytt tiltak fra EPS	96
Bøker	87, 94, 96



Williams områder og fokuseringseffekter.
(Se artikkel om væskekrystaller side 88)

Nr. 4 - 1975
37. årgang

NASA valgte 105 MODCOMP II til kontroll av romfergen

Sats pengene på vinneren!

MODCOMP datamaskin er selvsikker. Glad i å konkurrere med andre datamaskiner på markedet. Med sitt suverene operativsystem, hurtighet, velutviklede Software/Hardware vinner MODCOMP som regel. MODCOMP har i tillegg god helse slik at den år ut og år inn løser industriens prosessoppgaver, tekniske beregninger m.m. med få serviceavbrudd. MODCOMP er kort og godt løsningen for kunder som ønsker beste ytelse for sine investeringer.
Hvorfor ikke kontakte oss på tlf. 67 45 90 for uforbindtelig konsulenthjelp. Det koster i alle fall ikke noe!

Rødland & Rellsmo A.S
DATAUTSTYR
Gladengvn. 3A, Oslo 6 - Telefon (02) 67 45 90

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 4 - 1975

37. årgang

Redaktør: HAAKON OLSEN

Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

Forskning/teknologi spiralen, hvor lenge skal fysikere henge med?

Diskusjon på Fysikermøtet 1975.

Innlederne hadde tenkt seg følgende tillegg til tittelen «før de av etiske grunner ser seg nødt til å hoppe av», og diskusjonsmøtet kom til å dreie seg om forskeretikk. Møtet kan delvis ses som etterdønning av den underskriftsaksjonen som fysikere i Trondheim satte i gang i fjor sommer i samband med diskusjonen om bygging av kjernekraftverk i Norge. Som kjent ble en uttalelse og underskriftene offentliggjort i vår samtidig med Stortingets Energimelding. Forskningssjef A. Omholt og universitetslektor K. Gjøtterud var innledere.

Omholt tok først for seg hvordan teknikk og forskning gjensidig har vekselvirket med hverandre og ført til store framsteg på alle felter av fysikk og teknologi. Høy materiell levestandard og en forlengelse av livet er blitt resultatet. Hittil har vi bare sett positive virkninger av denne utviklingen, men i de siste åra har vi begynt å se de negative sider, det har oppstått problemer i kjølvannet på teknologien. Vi har nå ervervet oss så mye kunnskap innen alle naturvitenskapelige områder at fortsatt teknologisk utvikling meget lenge kan skje uavhengig av nye fundamentale oppdagelser: vi kan bare fortsette å kombinere allerede eksisterende viten og forbedre teknologien.

Det er et nytt problem for samfunnet at vårt overskudd og vår teknologi gir muligheter for valg og prioriteringsmuligheter som vi før ikke hadde. Det er vanskeligere å styre bruken av den kunnskap vi allerede har enn å styre kunnskapsøkningen.

Inntil nå har vel utviklingen gått mer eller mindre tilfeldig. En har prøvd å møte daglig behov uten å tenke for meget på framtida. Vi aner nå at vi er kommet i et slikt inngrep med naturen at vi må tenke på slikt når vi tar i bruk ny teknologi. Menneskene er blitt mer og mer uavhengig av naturen og naturens luner, men samtidig erkjennes menneskenes sammenheng og ansvar for resten av naturen; økologiske problemstillinger er blitt tatt opp med stor styrke.

Men går vi bevisst inn for å lå være å gjøre nye oppdagelser eller å la være å forbedre teknologien fører dette med seg et ansvar for «tapte muligheter for fordeler». Vi har likevel så mange valgmuligheter at vi må prioritere eller velge utviklingsretning p.g.a. de endelige ressurser som står til disposisjon. Innen det medisinske området f. eks. står legene overfor et etisk valg. Ved nye, dyre behandlingsmetoder kan en redde vanskelige sykdomstilfeller, men utbygging av slike spesialavdelinger kan komme til å gå på bekostning av legetjenesten for de mange.

Innen den genetiske vitenskap kan en nå koble gener sammen og kanskje få fram nye arter med helt ukjente egenskaper. Her er det muligheter til å få fram nye virustyper som kanskje ikke kan bekjempes. Det er derfor på tale å forby visse typer eksperimenter fordi en ikke vet konsekvensene. Forskere i genetikk vurderer å etablere en etisk kodex for arbeid i dette forskningsfeltet, men det er klart at en slik etisk kodex ikke kan vurderes av forskere alene.

Alle deltar i forskning/teknologi spiralen. Forskere har en innsikt som andre ikke har og har en spesiell stilling i kraft av denne sin innsikt. Mange samfunnsgrupper og instanser ønsker å gripe inn og styre denne kunnskap og inn-

sikt i retninger som de mener er til samfunnets beste. Det er vanskelig å finne fram til en kodex som regulerer samfunnets bruk av sine vitenskapsmenn eller en yrkeskodex for forskere, men det er tre hovedregler som synes å være nokså alment akseptert:

1. Den enkelte forsker må være helt fri til å velge arbeidsoppgaver.
2. Forskere må ikke kollektivt ensidig kontrollere eller styre sin egen forskning. Kollektive beslutninger av en faggruppe om f. eks. å blokkere visse typer forskning vil være identisk med politiske beslutninger. Bare storsamfunnet kan ta slike politiske avgjørelser.
3. Forskere må unngå å misbruke sin prestisje på fagfelter de ikke er spesialister i. Hvis de kommer med utsagn om et bestemt fagområde må uttalelsene bli gjenstand for vitenskapelig kritikk og diskusjon.

Gjøtterud tok i sin innledning utgangspunkt i rustningskappløpet som representerer et område hvor forskning/teknologispiralen kanskje viser den steileste stigning. Dette ble aktualisert med henvisning til ferske meldinger i New York Times om utviklingen av et nytt strategisk rakettvåpen «the cruising missile», som uthuler og truer nedrustningsforhandlingene SALT og viser rustningskappløpets alvorlige karakter.

Selv om en etterhvert er blitt temmelig immun overfor de mange dystre framtidsperspektiver som stadig holdes opp for oss av vitenskapelige skolerte dommedagsprofeter, burde vi stille oss mer mottakelige overfor de vurderinger som professor B. T. Feld, generalsekretær i PUGWASH, gjør seg om muligheten for bruk av kjernefysiske våpen i væpnede konflikter: «Etter mitt skjønn er sjansene 1 til 3 for at kjernevåpen vil bli anvendt i en konfliktsituasjon før 1984 og sjansene større enn 1 til 1 for en kjernefysisk krig innen århundrets utgang» (Bulletin of the Atomic Scientist, januar 1975). B. T. Feld baserer sitt skjønn på den seneste utvikling og politikk når det gjelder nedrustningsspørsmål, våpenteknologi og kjernekraftteknologi.

Spørsmålet er om dette er problemer som angår vitenskapere/fysikere på en særlig måte. Er det ikke å overdrive vår betydning å se et særlig ansvar, personlig og kollektivt, for den utvikling vi står oppe i?

Det er utenkelig at de teknologiske frambringelser vi ser i dag innenfor f. eks. rustningsindustrien skulle være mulige uten bidrag fra høyt skolerte og skapende forskere direkte og uten bakgrunn i et høyt faglig nivå på undervisning og forskning ved høyere læreanstalter innenfor fag som fysikk, kjemi, databehandling etc.

Bildet av forskning, ren eller anvendt, som en verdinøytral aktivitet som er hevet over spørsmål om etikk og ansvar blir neppe hevdet av mange i dag. Vi kan vanskelig unndra oss ansvar for de misbruk som kan gjøres av resultatene av systematisk forskning, mente Gjøtterud.

For å belyse arten av det dilemma vi her kan stå overfor, ble A. Einsteins og N. Bohrs roller i utviklingen av atombomben og deres brever til FN (A. Einstein i 1947, N. Bohr i 1950) nevnt. Under krigen fortonet utviklingen av et kjernefysisk våpen seg som tvingende nødvendig. Den bekymring og det ansvar de følte for den videre utvikling uttrykte de i sine brev til FN.

A. Einstein: «Den tekniske utvikling og framskritt har ikke øket menneskehetens trygghet og velferd. Fordi vi ikke har vært i stand til å løse problemet om en internasjonal organisasjon, har dette problemet i virkeligheten bidratt til å øke de farer som truer freden og selve menneskehetens eksistens.»

N. Bohr: «Netop den kendsgerning, at kunskab i seg selv er grunnlaget for all civilisation, peger direkte på åbenhed som vejen til at overvinde den nuværende krise». Etter å ha ofret en halv menneskealder på problemene omkring nedrustning, ser B. T. Feld seg tvunget til den konklusjon at dette arbeidet ikke fører fram. Han mener at man må konsentrere seg om prinsipper, om spørsmål om etikk og om selve det å overleve. (Bulletin of the Atomic Scientist Januar 1975).

Den stadig voksende interesse og våkenhet for spørsmål om forskning og etikk ble dokumentert med henvisning til det symposiet som PUGWASH arrangerte i Dubrovnik i januar i år om Science and Etics og til det neste symposiet samme sted i januar 1976. Her vil spørsmål om en internasjonal etisk kodeks for vitenskapere bli tatt opp.

Professor H. Wergeland har arbeidet for å få tilslutning til følgende etiske erklæring. «I shall not use my professional training for any purpose which I believe is intended to harm human beings».

Gjøtterud foreslo til slutt at spørsmålet om en slik etisk erklæring for fysikere blir tatt opp til diskusjon i NFS.

Løvseth betonte det alvorlige problem som befolkningsøkningen i verden representerte. Vi ser allerede globale endringer p.g.a de industrialiserte landenes energiforbruk, men hvis alle land i verden skulle komme opp til samme levestandard og energiforbruk tåler ikke jordens økosystem belastningen. Vi må avflate og helst senke energiforbruket i vårt eget land.

Døderlein var ikke i tvil om at alt forskere foretok seg hadde uoverskuelige og ukjente konsekvenser. Einsteins teoretiske og abstrakte arbeid var med å gi opphav til atombomben. Men når forskere går *utenfor* sine spesialområder må de være ytterst forsiktige, for når de bruker sin prestisje utenfor sitt fagområde begår de en politisk handling som er bygget på et verdigrunnlag som går ut over deres fag. Hans private observasjon var at jo mer spesialiserte og dyktige forskere var, desto oftere syntes det å forekomme en viss fjernhet fra det daglige livs alminnelige problemer og normale verdigrunnlag. Han ville være særlig kritisk overfor politiske og verdinormbetonte uttalelser fra spesielt kvalifiserte og berømte forskere.

Han mente at en måtte skille mellom det å *ha* ansvar og det å *føle* ansvar; han følte et stort ansvar for det han gjorde som forsker og fysiker, men hadde vanskelig for å se at han hadde noe større ansvar enn de andre fagfolkene eller teknologene eller politikerne som han samarbeidet med. Når noen i diskusjonen hevdet at en som fysiker hadde et spesielt og større ansvar enn andre fordi en er høyt utdannet spesialist, ville han hevde at dette går i retning av arrogant intellektualisme. En kan heller ikke løse noe ved å sette opp noen moral-kodex. Har Hippokrates' ed forhindret dårlig behandling blant leger? Han var motstander av å ta en bestemt gruppe ut av samfunnsammenhengen og framheve at den gruppen hadde et spesielt ansvar. En måtte heller satse på øket individuelt ansvar ved personlig bevisstgjøring ut fra almen samfunnsmoral.

Diskusjonen videre kom til å dreie seg om forskere står i en annen moralsk stilling enn andre grupper i samfunnet. Forskere tenker på en bestemt måte og har en metode som hjelper dem fram til løsninger. Forskere ser videre og skjønner vanligvis mer enn folk ellers. Derfor har de et bestemt ansvar overfor samfunnsproblemer. Forskere må ikke se på seg selv bare som nøytrale faktainnsamlere, men må ta et særlig ansvar for at deres data ikke blir misbrukt. Forskere må ikke misbruke sin prestisje fra et fagfelt til å uttale seg om et annet, på den annen side kan de ikke gjøre seg selv umælende fordi de har prestisje. Når fysikere uttaler seg om samfunnsproblemer eller tar del i underskriftskampanjer må ikke navnene følges av titler og grader. I slike tilfeller kommer fysikere på linje med andre borgere i samfunnet – falsk prestisje må ikke understøtte klare politiske uttalelser.

I sine sluttinnlegg kom innlederne inn på forholdet mellom forskning og samfunn. Forskere og teknologer må legge fram de muligheter som finnes for tekniske og samfunnsmessige framskritt, men valget mellom mulighetene som skal realiseres må treffes av politikerne. Alle må føle ansvar ut fra sine forutsetninger og legge fram sine synspunkter, men ingen spesiell gruppe hadde noen rett til å ta over avgjøringsprosessen eller styringa på bestemte teknologiske områder. Det var likevel en fare for at en innebygd dynamikk ville føre til at: «1. Whatever feasible must be developed. 2. Whats developed must be used». En kjent pedagog har i sine radiokåserier antydet veien vi må gå: «For hvert skritt vi går fram i kunnskap må vi gå to skritt fram i moral».

O. St.

Fysikermøtet 1976

(25 års jubileum)

vil bli holdt i Tromsø i dagene

28. juni — 1. juli.

Implantert biologisk brennstoffcelle

for kraftforsyning til pacemaker og annen bioelektronikk

Svein Prydz

Etter hvert som den medisinske vitenskap nå begynner å benytte seg av moderne miniatyrisert elektronikk, kan en del fremskritt ventes på området «kunstig» elektrisk neutral stimulering. Først og fremst er det da naturlig å tenke på bruken av «pacemaker» for stimulering av hjertet og de tilfeller hvor den naturlige neutrale stimulering er svekket.

I dag implanterer man en pacemaker med et hermetisk kapslet lite batteri som varer i 2–3 år, og man må altså foreta tilleggsoperasjoner for å skifte dette batteriet hver gang det er utbrukt.

Dette er til ekstra besvær, og man har derfor i noen år drevet studier med forsøk på å finne alternative løsninger. F. eks. kunne man kanskje finne frem til en type akkumulator som kunne lades opp etter behov ved hjelp av permanent implanterte ledninger, eller man kunne en gang i mellom operativt koble ledninger til akkumulatoren inn gjennom huden. Dette ville kunne være en langt mindre operasjon enn å skifte hele batteriet, men det er trolig en rekke vanskeligheter som hindrer en slik mulig metode.

En mer tilfredsstillende løsning ville være å fremskaffe et batteri eller en annen form for kraftforsyning som holdt livet ut. Hva er da mer naturlig enn å spørre: Kan kroppen selv levere energien fra sitt eget stoffskifte. Og det kan den.

Brennstoffceller for implantering.

I de senere år er det gjort store fremskritt i forskningen omkring «brennstoffceller». Dette er en slags *«ovn» for lavtemperaturforbrenning* hvor det produseres elektrisitet. Et eller annet brennstoff (oksyderbart materiale) oksyderes av surstoff. Mellom elektrodene i de halvceller som henholdsvis leverer og oksyderer brennstoffet, oppstår det en svak elektrisk spenning, og så lenge oksydasjonen pågår, kan det trekkes strøm av elementet. Strømstyrken (passende måleenhet μA eller mA) blir proporsjonal med oksydasjonshastigheten (antall oksyderte atomer eller molekyler pr. sek.).

Sammenligner man brennstoffcellene med et element – et vanlig elektrisk tørrbatteri, kan man si at hovedforskjellene er to: 1) Brennstoffcellenes elektroder har mer karakter av katalysatorer og inngår ikke (som f. eks. tørrbatteriets sinkelektrode) direkte i den kjemiske reaksjon. Isteden tilføres oksygen og oksydant kontinuerlig fra en ytre kilde (forråd). 2) Brennstoffcellen kan, v. h. a. passende katalysatorer, forbrenne (oksydere) en rekke forskjellige stoffer – fra det enkleste, hydrogen, til bensin og altså glukose som er særlig interessant i vår forbindelse.

Tanken bak den biologiske brennstoffcelle er at man skulle kunne implantere under huden aktiverte elektroder som omsetter glukose og oksygen direkte opptatt fra vevsvæskene og derved produsere elektrisk strøm nok til å drive f. eks. en pacemaker. Forsøk med brennstoffceller for dette formål har vært drevet i alle fall siden 1967, og nå ser det ut til at man snart skal kunne lage slike, foreløpig med funksjonstid på ca. 3 år eller like lenge som de vanlige pacemakerbatterier. Man har nok her et beretttiget håp om å komme frem til ennå mer langlivede typer.

I det følgende skal refereres noen data fra en nylig artikkel i Medical & Biological Engeneering (Vol. 12 No 1 Jan 1974) av Wan og Tsung fra deres arbeid i England (Royal College of Surgeons of England og The City University, London).

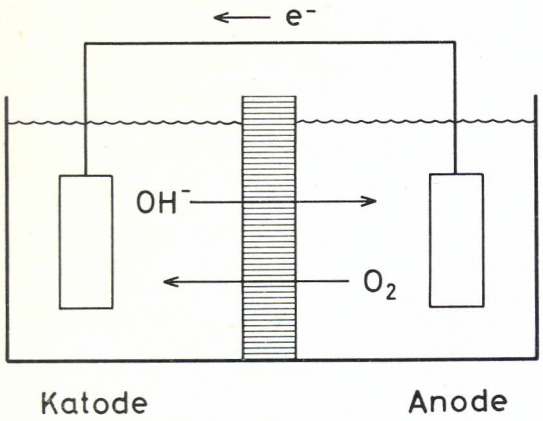
De har prøvet forskjellige fremgangsmåter, tre hovedtyper av celler, nemlig oksygenkonsentreringscelle, hydrogen/oksygen-celle og glukose/oksygen-celle, og noen forskjellige elektrodematerialer. Disse materialene er helt vesentlige når det gjelder cellenes funksjon. Studiene av konsentreringscellen er viktige idet virkningsgraden for brennstoffcellen øker med det partialtrykk man kan oppnå for oksygen.

Konsentreringscelle for oksygen.

Jo større konsentrasjonsgradient (tetthetsendring pr. mm) man kan oppnå for oksygenet mellom brennstoffcellens to elektroder, jo bedre vil den virke. Dette er slik fordi oksydasjon som ikke skjer ved oksygenelektroden (katoden) men nær anoden, vil nedsette spenningen mellom

elektrodene. En god elektrode for oksygenkonsentreringscellen har man f. eks. funnet i palladiumsvart-elektroden, likeledes brukes platinert platina og grafitt som katodemateriale, og det siste er noe bedre enn det første. Selektivt permeable membraner kan benyttes mellom elektrodene for å øke konsentrasjonsgradientene for reaktantene. Reaksjonene i en oksygenkonsentrasjonscelle er som vist nedenfor:

Ved katoden: $4e^- + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$
Ved anoden: $4OH^- \rightarrow 4e^- + O_2 + 2H_2O$



Elektrodetyper.

Det er særlig følgende fire slag elektrodematerialer det har vært eksperimentert med: 1) Platinasvart. 2) Platinert grafitt og 3) Platina/rutenium (molforhold 7 : 3) på porøs grafitt, 4) Palladium-hydrid. Det er neppe meningsfylt her å komme inn på de kjemiske prepareringsmetodene for disse elektrodene, det får være nok å påpeke at fremgangsmåter og bruk av tilsatsstoffer tar sikte på å gi kornet-porøs struktur og derved stor effektiv overflate, samt at denne skal få maksimal katalytisk virkning for de reduksjons- og oksydasjonsprosesser som skal foregå.

Palladiumhydrid-elektroden.

Denne skal vi omtale noe nærmere, da den har helt spesielle anvendelsesmuligheter.

Palladiumsvart lages ved reduksjon av en $PdCl_2$ løsning med en $NaBH_4$ løsning. Det utfelte fine pulver av palladiumsvart blandes i et plaststoff (polytetrafluoroetylen) og males på en platinafolie. (Istedenfor denne noe kompliserte fremstilte palladium-elektrode kan også Pd-folie brukes direkte, men med et noe mindre gunstig resultat.) Siste trinn i fremstillingsprosessen er nå å danne Pd-hydrid ved utskilling av H_2 på deres overflater i 5-normal H_2SO_4. Elektrodereaksjonene er:

$2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H$
$2H + 2Pd \rightarrow 2Pd - H$

og fører altså til dannelse av palladiumhydrid.

En slik elektrode kan brukes i en surstoffkonsentrasjonscelle hvor Pd-H elektroden stadig avgir hydrogen og vi får altså en hydrogen/oksygen brennstoffcelle (med H_2O som reaksjonsprodukt). Reaksjonene ved elektrodene er (for *in vitro* forsøk med KOH elektrolytt) følgende,

Ved anoden: $H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$
Ved katoden: $2e^- + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow 2OH^-$

Ut fra Faradays lov kan beregnes at 1 mg palladium «ladet» til hydrid kan avgi hydrogen nok til under visse omstendigheter å gi så høy strøm under kortslutning som 0,67 A. Mer normal bruk *in vivo* (rotte og kanin) har i forsøk gitt f. eks. 80–100 μA ved ca. 0.2V over flere dager. Cellen oppviser en del lite kjente kjemiske endringer under bruk, men synes likevel lovende. Det er beregnet at en H_2/O_2 brennstoffcelle for å levere 20μW ved 0,5V kontinuerlig gjennom 5 år vil forbruke 0,065 mol hydrogen. Denne mengde hydrogen kan lagres i form av palladiumhydrid i en porøs Pd elektrode av vekt 13,9 gram. En slik elektrode, passende innkapslet for å hindre direkte oksydering, kan altså synes meget lovende som implantert strømforsyningsenhet.

Glukoseoksydasjons-celle

In vitro kan en slik celle testes ved at to passende aktiverte elektroder settes ned i hver sin del av et kar og adskilt med et porøst glassfilter, en permeabel hinne e.l., og så skaffer man seg lettvint oksygenkonsentrasjonsforskjellen ved at glukoseløsningen i den ene halvcelle gjennombobles med luft eller ren oksygen. *In vivo* implanteres elektrodene under huden og forsynes evt. med semipermeabel «coating» (overtrekk) som har selektiv permeabilitet for h.h.v. glukose og oksygen, slik at konsentrasjonsgradienter opptrer og gir forøket virkningsgrad for elementet.

In vitro har man oppnådd bedre resultater med platinert grafittelektrode enn med platinasvart. Så høy anodisk strømtetthet som 3mA/cm^2 er nådd. Selv om de detaljerte reaksjoner ved elektrodene ikke er kjent, er det likevel fastslått med de nevnte elektroder (uten noen

form for oksygenkonsentrering) at det ikke er tale om noen form for korroderende galvanisk celle og heller ikke om en enkel oksygenkonsentrasjonsvirkning, men altså en ekte glukoseoksydasjon. Man antar at følgende reaksjoner skjer ved anodisk oksydering av glukose:

Ved anoden: $CH_2O + H_2O \rightarrow CO_2 + 4H^+ + 4e^-$
Ved katoden: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$
Totalreaksjon: $CH_2O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

Noen undersøkelser tyder på at dannelsen av glukona og visse andre stoffer. Det er viktig å få konstatert at ingen av reaksjonsproduktene (forhåpentligvis) er giftige for organismen.

In vitro – eksperimenter synes å love at elektrodene kan gi en effekt på opptil 20 $\mu W/cm^2$ ved implantasjon, forutsatt at man kan unngå forgiftning av elektrodene (nedsettelse av deres katalytiske egenskaper) samt oksydasjonsreaksjoner andre steder enn ved angjeldende elektrode. Passende beskyttende og selektive overtrekk på elektrodene kan nok her hjelpe oss et stykke på vei. Hittil synes det som om man har nådd opp til ca. 3,3 $\mu W/cm^2$ ved *in vivo* eksperimenter med elektroder for glukose-oksydasjon. De vanlige biologiske konsentrasjoner av oksygen og glukose i våre vevsvæsker er fullt tilstrekkelig til å nå opp til $20\mu W/cm^2$ hvis bare de ovennevnte vanskeligheter kan elimineres.

Andre medisinske anvendelser.

Implanerte biologiske brennstoffceller kan tenkes brukt også for andre formål enn å drive en «pacemaker». Uten å blande oss i den noe opphetede diskusjon om verdien av de forskjellige *akupunkturmetodene* kunne man tenke seg brennstoffceller levere energi til neuronal stimulering med tanke på lindring av kroniske smerter lokalisert til forskjellige deler av kroppen. Muligens kunne man også tenke på anvendelser for stimulering av spesifikke centra i hjernen med det formål å bedre visse sinstilstander ledsaget av smerte eller nedsatt funksjonsdyktighet på den ene eller andre måte.

Overføring av data.

Slike elektriske kraftelementer som vi har sett på her vil vel også kunne benyttes til drift av en miniaturisert radiosender for overføring av biologiske data, i den utstrekning disse er tilgjengelige fra passende implanterte miniatyriserte transducere. Man kunne tenke seg overføring, f. eks. fra permanentovervåkede pasienter, av blodsukkerkonsentrasjon, oksygentensjon, CO_2-tensjon, temperatur, pulsfrekvens og muligens også grad av bevegelse hvis en passende transduser for hastighetsforandring kunne lages i miniatyrisert form.

Ytterligere kan man tenke seg stadig utsendelse av kodede radiosignaler som til enhver tid vil fortelle overvåkere (f. eks politi eller militære) hvor vedkommende person befinner seg. For dette formål ville man trenge et sett av peilestasjoner, to-tre stykker, som oppfanger signalene og tar rede på visse tids eller faseforskyvninger, omtrent som når man peiler et flys eller en båts posisjon. Dog kan ikke de omtalte brennstoffceller ventes å produsere nok effekt til særlig langtrekkende signaler.

Alt i alt må man si at man burde kunne vente seg mange gode og verdifulle resultater fra den fortsatte forskning omkring biologiske brennstoffceller, særlig da for medisinske anvendelser.

Dr. philos. Svein Prydz er førsteamanuensis ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Medlemmer opptatt under Fysikermøtet 18.–20. juni 1975.

Cand. real. V. Bakken, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.
Siv.ing. L. Bjerkan, Fysikkseksjonen, Trondheim – NTH.
Siv.ing. P. S. Dalberg, Fysikkseksjonen, Trondheim – NTH.
Siv.ing. J. K. Grepstad, Fysikkseksjonen, Trondheim – NTH.
Cand. real. A. Kay, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.
Professor R. Manne, Kjemisk Institutt, Universitetet i Bergen.
Cand. real. T. E. Moe, Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen.
Cand. real. T. E. Pedersen, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.
Cand. real. A. Rognebakke, Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen.
Siv.ing. A. S. Sudbø, Inst. for Eksperimentalfysikk, Trondheim – NTH.
Dr. B. H. Wiik, Desy, Hamburg, Tyskland.

Studentmedlem
Hovedfagsstudent Monica Kristensen, Nordlysobservatoriet, Tromsø.

Hva består protonet av?

*F. Ravndal**

Partonmodellen**

For å studere de minste detaljer i et stoff S kan en bruke et mikroskop. Dette virker ved at lys (fotoner = γ) blir sendt inn mot stoffet, og en observerer det tilbakesendte lys (γ') som dermed gir et bilde av stoffets oppbygning. En kan skrive ned følgende reaksjons-ligning for denne prosess:

$$\gamma + \delta \rightarrow \gamma' + \chi \qquad (1)$$

Her står symbolet χ for den vanligvis uobserverte slutt-til-stand til stoffet etter vekselvirkningen med lyset.

Ifølge kvantemekanikken har også partikler en bølge-natur. En kan derfor godt benytte et elektron-mikroskop til undersøkelse av stoffets struktur:

$$e + \delta \rightarrow e' + \chi \qquad (2)$$

Skal en observere detaljer i protonets indre, må bølgelengden på de innkommende partikler være mindre enn protonets diameter som er ca. 10^{-13} cm. Så små bølgelengder tilsvarer meget høye energier, av størrelsesorden GeV. Da elektroner forholdsvis lett kan akselereres til slike energier, mens høy-energetiske fotoner kun kan produseres indirekte, foretar man uelastisk elektron spredning.

$$e + N \rightarrow e' + X \qquad (3)$$

for å «se» inn i nukleonet N. Disse eksperiment ble først gjort ved Stanford Linear Accelerator Center i California i slutten av seksti-årene. De har hatt en enorm innflytelse på vår forståelse av protonets og nøytronets indre struktur.

Hva som foregår i reaksjon (3), beskrives enklest i et Feynmann-diagram som i Fig. 1. I laboratoriet er protonet i ro, og dets 4-impuls er derfor

$$P_1 \overset{\text{LAB}}{\mu} = (M\,;\,\underline{0}) \qquad (4)$$

hvor M er dets masse. Elektronet e kommer inn med energi E. Det emitterer et virtuelt foton med 4-impuls

$$q \overset{\text{LAB}}{\mu} = (\nu\,;\,\underline{Q}) \qquad (5)$$

og avbøyes dermed en vinkel Θ. Samtidig har det mistet energien ν slik at det kommer ut med slutt-energi:

$$E' = E - \nu \qquad (6)$$

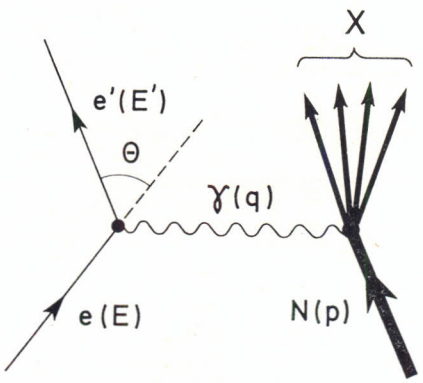
Det virtuelle fotonet treffer protonet og lager dermed en slutt-tilstand X av mange hadroner med total energi

$$E_x = M + \nu \qquad (7)$$

Man observerer ingen av disse hadronene. Det man måler er kun energien E' til slutt-elektronet og vinkelen Θ som det er spredt. Sammen med den kjente energi E av det innkommende elektron, kan man dermed bestemme energien ν til det virtuelle foton fra ligning (6) og dets masse

$$q^2 = -4EE' \sin^2(\Theta/2) \qquad (8)$$

Fra relativistisk kvantemekanikk kan en nå vise at det differensielle virkningstverrsnitt for denne prosess kan i alminnelighet skrives som et produkt av to vidt forskjellige faktorer:



Figur 1 Feynman-diagram for uelastisk elektron-proton spredning ved utveksling av et virtuelt foton.

* NORDITA, Blegdamsvej 17, 2100 København Ø, Danmark.

** Denne artikkel er delvis basert på et foredrag om samme emne på møte i Norsk Fysisk Selskap i Trondheim, 1973.

$$d^2\sigma/d\Theta dE' = (d^2\sigma/d\Theta dE')_0 \, [W_2^{eN}(\nu,q^2) + 2\tan^2(\Theta/2)W_1^{eN}(\nu,q^2)] \quad (9)$$

Den første faktor er det differensielle tverrsnitt for spredning på en partikkel uten noen som helst struktur. en såkalt punktpartikkel. Alle struktur-egenskaper inngår i den andre faktor. Den inneholder de to struktur-funksjoner W_1^{eN} og W_2^{eN} som kun avhenger av de to målbare størrelser ν og q^2.

Ved å foreta denne slagt eksperiment ved forskjellige elektron-energier E og sprednings-vinkler Θ kunne man dermed bestemme de to struktur-funksjoner for forskjellige verdier av deres to variable. En hadde dermed et slags bilde av protonets indre.

Den første indikasjon på at protonet består av mindre deler var at begge strukturfunksjonene avtok med økende $-q^2$ mye langsommere enn ventet ut fra den antagelse at den elektriske ladning i protonet var jevnt fordelt over dets indre. Fra ligning (8) ser vi at store verdier av $-q^2$ tilsvarer spredning ved store vinkler. At dette virkningstverrsnitt for uelastisk elektronspredning var så uventet stort ved store vinkler, minner meget om Rutherford's oppdagelse at spredning av α-partikler på atomer ga så store virkningstverrsnitt ved store vinkler at atomets positive ladning måtte være konsentrert i et meget lite volum (= kjernen) og kunne ikke være jevnt fordelt over hele atomet.

Men den virkelige store forståelse kom først ved at man observerte at de to kompliserte struktur-funksjonene oppfylte meget enkle skalalover. Istedet for å være funksjon av de to uavhengige variable ν og q^2, viste de seg å kun være avhengige av kombinasjonen

$$x = -q^2/2M\nu \quad (10)$$

Ved meget uelastiske reaksjoner,

$$\nu \gg | \text{ GeV} \quad (11)$$

og

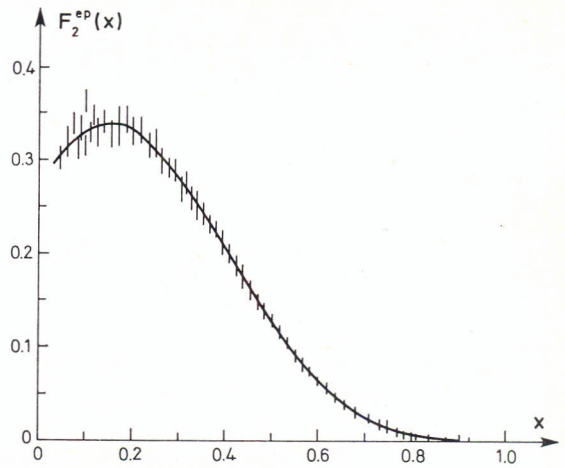
$$-q^2 \gg | \text{ GeV}^2$$

viste det seg nemlig at

$$MW_1^{eN}(\nu,q^2) = F_1^{eN}(x) \quad (12)$$

$$\nu W_2^{eN}(\nu,q^2) = F_2^{eN}(x) \quad (13)$$

Med andre ord, tok man for eksempel $W_2^{eN}(\nu,q^2)$ og multipliserte den med ν, så falt alle de observerte verdier som oppfylte (11), langs en linje når plottet for forskjellige verdier av den



Figur 2 Protonets andre struktur-funksjon som funksjon av Bjorken's skala-variabel x.

variable x i ligning (10. Dette er vist i Fig. 2 for protonets andre struktur-funksjon $F_2^{ep}(x)$.

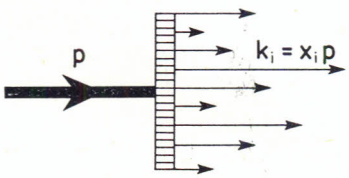
Snart viste det seg også at de to struktur-funksjonene $F_1^{en}(x)$ og $F_2^{eN}(x)$ ikke var uavhengige av hverandre, men at

$$F_2^{eN}(x) = 2xF_1^{eN}(x) \quad (14)$$

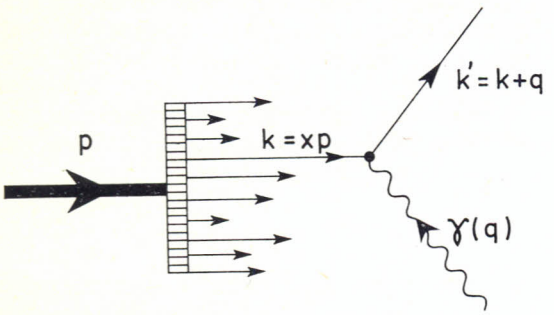
På denne måten kunne resultatet av alle disse kompliserte målingene som i alminnelighet ville være gitt ved to funksjoner av to uavhengige variable, ganske enkelt summeres opp i en funksjon av en variable.

Det skal her være sagt at de observerte skalalover (12) og (13) for nukleonets strukturfunksjoner var forutsagt av den amerikanske fysiker J. Bjorken. Fenomenet kalles derfor nå også for «Bjorken scaling».

Men det var en annen kjent, amerikansk fysiker, Nobelprisvinneren R. P. Feynman, som først kom med den mest overbevisende forklaring av disse eksperimentene. Han antok at protonet besto av mindre, strukturløse partikler som han kalte partoner. Hvis protonet har en meget stor impuls p, så forestilte han seg som i Fig. 3 at denne impulsen er delt mellom de



Figur 3 I Feynman's partonmodel kan et proton med meget stor impuls p beskrives som om det består av strukturløse partoner som hver har en impuls k_i som er en brøkdel x_i av protonets impuls.



Figur 4 Ved høyenergetisk, uelastisk elektron-proton spredning vil det virtuelle foton kun vekselvirke med en parton.

forskjellige partoner slik at de alle beveger seg i protonets retning, hver med en brøkdel x_i av impulsen p. Det er klart at alle disse x_i-ene må tilfredsstille

$$0 \leq x_i < 1 \qquad (15)$$

La oss nå anta at det er så mange partoner at vi istedetfor den diskrete variable x_i, kan snakke om en kontinuerlig variabel x og en parton fordelings-funksjon f(x). Denne gir antall partoner med impuls-brøkdel mellom x og x + dx.

Uelastisk elektron-spredning som tidligere fremstilt i Fig. 1, foregår nå som i Fig. 4. Fotonet treffer en parton med impuls k = xp og gir den dermed en slutt-impuls lik

$$k' = k + q \qquad (16)$$

En meget grov utledning av skalalovene kan nå skisseres. Bidraget til en struktur-funksjon $W(\nu,q^2)$ fra fotonets vekselvirkning med en parton med brøkdel x vil være:

$$dW(\nu,q^2) = e_a^2\, \delta(k'^2-k^2) f_a(x)dx \qquad (17)$$

Her har vi vært litt mere generelle og antatt at der er flere forskjellige partoner, hver med elektrisk ladning e_a og tilsvarende fordelings-funksjon $f_a(x)$. Den elektriske ladning e_a måles her i enheter av positronets ladning e. Vi har også inkludert en δ-funksjon som skal sørge for at massen til partonet er den samme etter fotonets vekselvirkning som like før.

Den totale struktur-funksjon finnes så fra ligning (17) ved å integrere over alle mulige x og summere over alle parton typer:

$$W(\nu, q^2) = \sum_a e_a^2 \int_0^1 dx\, f_a(x)\, \delta(k'^2-k^2) \qquad (18)$$

Bruker vi ligning (16), kan argumentet i δ-funksjonen omskrives:

$$\begin{aligned} k'^2 - k^2 &= (k+q)^2 - k^2 \\ &= q^2 + 2k\cdot q \\ &= q^2 + 2xp\cdot q \end{aligned} \qquad (19)$$

Men fra (4) og (5) har vi alt

$$p\cdot q = M\nu \qquad (20)$$

Dermed kan δ-funksjonen i (18) skrives som:

$$\delta(k'^2-k^2) = (1/2M\nu)\, \delta(x + q^2/2M\nu) \qquad (21)$$

Integralet er nå trivielt, og vi finner for struktur-funksjonen:

$$2M\nu W(\nu,q^2) = \sum_a e_a^2\, f_a(x = -q^2/2M\nu) \qquad (22)$$

På denne måten kan vi forklare de observerte skalalover. De kan forstås ganske enkelt ved å anta at protonet består av punkt-partikler (partoner) som har elektrisk ladning. Vekselvirkningen mellom protonet og et høyenergetisk elektron skjer ved at det virtuelle fotonet fra elektronet treffer et parton med brøkdelen x av protonets impuls. Denne brøkdel er den samme som Bjorken's skala-variabel (10). De målte struktur-funksjoner er i denne parton-modellen ikke noe annet enn en sum av de forskjellige parton fordelings-funksjoner som i ligning (22).

Ved utledningen av (22) ble alle spinn-effekter neglisjerte slik at der er bare en struktur-funksjon. Hadde vi vært mer nøyaktige og inkludert spinnet til partonene, ville vi som ventet ha funnet to struktur-funksjoner uttrykt ved parton fordelingsfunksjoner. Det kan da vises, at den eksperimentelle relasjon (14) tilsvarer, at alle partonene har spinn lik 1/2.

Det var nå nesten opplagt å identifisere Feyman's partoner med kvarkene som var tidligere foreslått som nukleonets byggestener av Gell-Mann og Zweig. Som omtalt i en tidligere artikkel skulle ifølge kvarkmodellen for eksempel protonet bestå av to u-kvarker og en d-kvark holdt sammen av en ukjent kraft. Men det ikke-relativistiske begrep kraft vil i den relativistiske kvantefelt-teori bety virtuelle par bestående av kvarker og antikvarker. I partonmodellen vil vi derfor ha seks forskjellige partoner tilsvarende de tre kvarker u, d og s samt de tre antikvarker $\bar{u}$, $\bar{d}$ og $\bar{s}$. Derfor vil det også være

seks forskjellige parton fordelings-funksjoner som vanligvis kalles:

$$\begin{aligned} fu(x) &= u(x), \bar{fu}(x) = \bar{u}(x) \\ fd(x) &= d(x), \bar{fd}(x) = \bar{d}(x) \\ fs(x) &= s(x), \bar{fs}(x) = \bar{s}(x) \end{aligned} \qquad (23)$$

Men netto-antallet av u-partoner i protonet må fremdeles være to som i den ikke-relativistiske kvarkmodellen:

$$\int_0^1 [u(x) - \bar{u}(x)]dx = 2 \qquad (24)$$

På samme måte:

$$\int_0^1 [d(x) - \bar{d}(x)]dx = 1 \qquad (25)$$

$$\int_0^1 [s(x) - \bar{s}(x)]dx = 0 \qquad (26)$$

Dette er nødvendig for at protonet skal ha de korrekte kvantetall.

Ved hjelp av disse seks ukjente parton fordelings-funksjoner kan vi nå skrive protonets første struktur-funksjon på lignende måte som i (22):

$$\begin{aligned} 2F_1^{ep}(x) &= (+\tfrac{2}{3})^2 u(x) + (-\tfrac{2}{3})^2 \bar{u}(x) + (-\tfrac{1}{3})^2 d(x) + (+\tfrac{1}{3})^2 \bar{d}(x) + (-\tfrac{1}{3})^2 s(x) \\ &\quad + (+\tfrac{1}{3})^2 \bar{s}(x) \\ &= 4/9[u(x) + \bar{u}(x)] + 1/9[d(x) + \bar{d}(x)] \\ &\quad + 1/9[s(x) + \bar{s}(x)] \end{aligned} \qquad (27)$$

Isospin-symmetri krever så at den samme struktur-funksjon for nøytronet skal være:

$$\begin{aligned} 2F_1^{en}(x) &= \\ &4/9[d(x) + \bar{d}(x)] + 1/9[u(x) + \bar{u}(x)] \\ &+ 1/9[s(x) + \bar{s}(x)] \end{aligned} \qquad (28)$$

Det er klart at ved kun å foreta elektron-spredning på protoner og nøytroner er en ikke i stand til å isolere de seks uavhengige parton fordelingsfunksjoner. Dermed kan en ikke finne hvor mange der er av de forskjellige kvarker i protonet. Det er heller ikke mulig å bestemme om de antatte elektriske ladninger til kvarkene er korrekte.

For å teste denne partonmodellen var det derfor nødvendig å gjøre andre eksperiment hvor man kunne undersøke om partonene kunne identifiseres med kvarkene. Hvis det virkelig var tilfelle, skulle partonene også ha svake vekselvirkninger. Disse kunne observeres for eksempel i uelastisk nøytrino-spredning

$$\nu + N \rightarrow l^- + X \qquad (29)$$

på samme måte som uelastisk elektron-spredning i (3). Her er l^- et negativt elektron eller muon. Høyenergetiske nøytrino-stråler ble i begynnelsen på sytti-årene produsert på CERN hvor disse eksperimentene ble først utført på tunge kjerner.

Antar vi at partonmodellen er riktig, kan det differensielle virkningstverrsnitt for reaksjon (29) skrives som

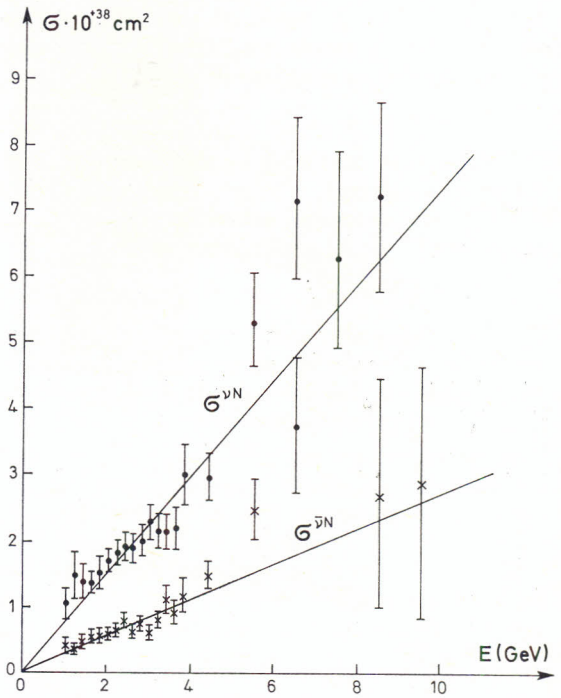
$$d\sigma^{\nu N}/dx = \sigma_0(E)x\,[q(x) + \tfrac{1}{3}\,\bar{q}\,(x)] \qquad (30)$$

hvor

$$q(x) = u(x) + d(x) \qquad (31)$$

og

$$\bar{q}(x) = \bar{u}(x) + \bar{d}(x) \qquad (32)$$



Figur 5 Totale virkningtverrsnitt fra CERN for uelastisk spredning av nøytrinoer og antinøytrinoer på nukleoner som funksjon av energien E.

Her er σ_0 (E)x virkningstverrsnittet for nøytrino-spredning på en punkt-partikkel

$$G_0(E) = G^2ME/\pi \qquad (33)$$

når E er nøytrinoets energi i laboratoriet. G er den svake vekselvirknings koplings-konstant. Virkningstverrsnittet for spredning på en antikvark er 1/3 av tverrsnittet for en kvark. De sære kvarker s og $\bar{s}$ har spesielt svake vekselvirkninger, kun ca. 1/20 av den vanlige styrke. Deres bidrag til virkningstverrsnittet (30) kan derfor neglisjeres i denne forbindelse.

Man kan også på CERN foreta spredning av antinøytrinoer:

$$\bar{\nu} + N \rightarrow l^+ + X \qquad (34)$$

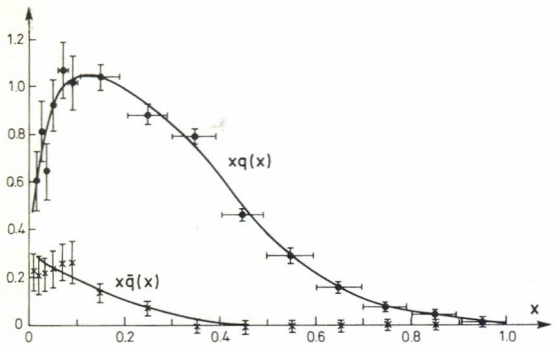
Tverrsnittet for denne reaksjon kan som tidligere skrives som

$$d\sigma^{\bar{\nu}N}/dx = \partial_0(E)x[\bar{q}(x) + \tfrac{1}{3} q(x)] \qquad (35)$$

Fra (30) og (35) følger nå med en gang at virkningstverrsnittene for spredning av nøytrinoer og antinøytrinoer skal øke proporsjonalt med energien E ifølge partonmodellen. Som vist i Fig. 5 er det i overensstemmelse med målingene på CERN hvor man disponerte energier opp til 10 GeV. De samme målingene ga også

$$\sigma^{\bar{\nu}N}/\sigma^{\nu N} = 0{,}37 \pm 0.04 \qquad (36)$$

Det betyr ifølge (30) og (35) at antallet av antikvarker $\bar{q}(x)$ er meget mindre enn antallet av kvarker q(x). Var $\bar{q}(x) = 0$, skulle dette forholdet være lik 1/3. Indirekte betyr dette også at antall sære kvarker s(x) og $\bar{s}(x)$ er meget lite sammenlignet med antall u- og d-kvarker.



Figur 6 De to svake struktur-funksjoner xq(x) og $x\bar{q}(x)$ fra målinger ved CERN.

Ved å foreta nøyaktige målinger av de differensielle tverrsnitt har man ved CERN lykkes å bestemme de svake strukturfunksjonene q(x) og $\bar{q}(x)$. De funne fordelinger er vist i Fig. 6. Vi ser at storparten av antikvarkene forekommer ved meget små impulsbrøkdeler x. Det betyr at de kommer fra virtuelle par inne i protonet.

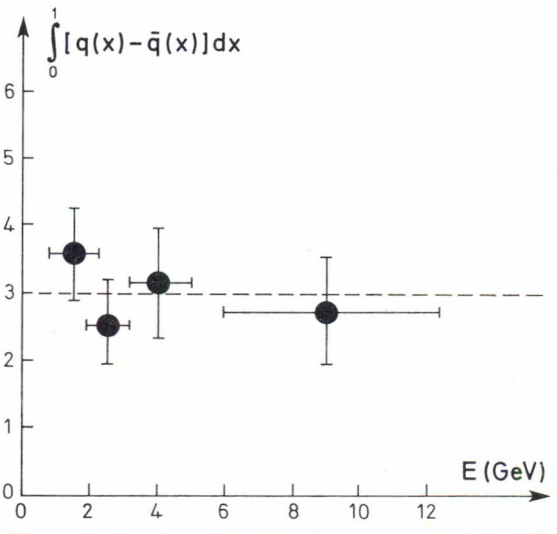
En kan nå teste følgende berømte summeregel:

$$\int_0^1 [q(x) - \bar{q}(x)]dx = 3 \qquad (37)$$

Denne følger direkte fra (31) og (32) sammen med (24) og (25). Høyresiden av denne ligning er ikke noe annet enn netto-antallet av kvarker i protonet. Bruker man de målte verdiene for q(x) og $\bar{q}(x)$ fra Fig. 6 i integralet, får man verdier for høyresiden som vist i Fig. 7 ved forskjellige energier E. Ved de høyeste energier hvor partonmodellen skulle ha størst gyldighet, finner vi en verdi meget nær 3. Dette er den første eksperimentelle bestemmelse av netto-antallet av kvarker i protonet.

Vi kan nå kombinere disse resultat med hva en fant ved elektronspredning. De to elektromagnetiske struktur-funksjonene i (27) og (28) gir tilsammen:

$$F_1^{ep}(x) + F_1^{en}(x) = 5/18[u(x) + \bar{u}(x) + d(x) + \bar{d}(x) + 2/5(s(x) + \bar{s}(x))] \qquad (38)$$



Figur 7 Eksperimentell verifikasjon ved forskjellige energier E av summeregel (37) til bestemmelse av netto-antallet av kvarker i protonet.

Som allerede nevnt er fordelings-funksjonene s(x) og $\bar{s}(x)$ neglisjerbare i forhold til de andre når x ikke er altfor liten. I det tilfelle har vi derfor følgende relasjon mellom målte strukturfunksjoner:

$$F_1^{ep}(x) + F_1^{en}(x) = 5/18[q(x) + \bar{q}(x)] \quad (39)$$

Denne meget enkle sammenheng mellom uelastisk elektron- og nøytrino-spredning er meget godt oppfylt eksperimentelt. Koefisienten 5/18 er ikke noe annet enn middelverdien av kvadratet av den elektriske ladning for u- og d-kvarken:

$$5/18 = 1/2[(+2/3)^2 + (-1/3)^2] \quad (40)$$

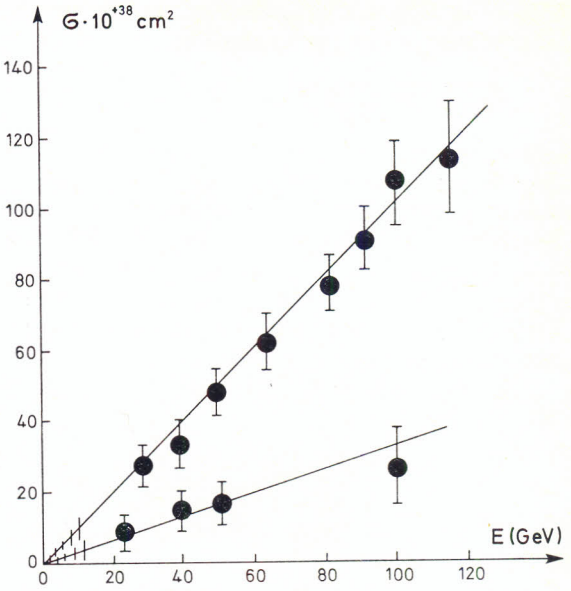
Disse målingene viser med andre ord at de antatte elektriske ladninger til de to kvarker er i overensstemmelse med eksperiment.

Fra definisjonen av impuls-brøkdelen x er det klart at

$$I = \int_0^1 x[u(x) + \bar{u}(x) + d(x) + \bar{d}(x) + s(x) + \bar{s}(x)]dx \simeq \int_0^1 x[q(x) + \bar{q}(x)]dx \quad (41)$$

er den totale brøkdel av protonets impuls som er delt mellom kvarkene. Bruker vi verdiene for q(x) og $\bar{q}(x)$ fra Fig. 6, finner vi at dette integralet, som er summen av arealene under de to kurver, er omtrent lik 0.5. Den andre halvdelen av impulsen må derfor tilhøre andre partikler som finnes i protonet og som ikke har elektromagnetiske eller svake vekselvirkninger. Disse kalles vanligvis «gluons» eller limpartikler på norsk da en tror at de bidrar til å holde kvarkene sammen inne i protonet. Til nå er svært lite kjent om disse limpartiklers egenskaper da deres mulige effekter er vanskelige å observere.

Det var for en stund en del tvil om alle disse interessante resultatene fra CERN virkelig var relevante for partonmodellen de de anvendte energier tross alt ikke var så fantastisk høye som krevet for at parton-beskrivelsen skulle være gyldig. Men i fjor ble de samme målinger gjentatt ved Fermi National Accelerator Laboratory i U.S.A. hvor man hadde klart å lage nøytrino- og antinøytrino-stråler med energier over 100 GeV. De totale virkningstverrsnitt derfra er vist i Fig. 8, og en ser at de stiger linært med energien E på samme måte som tverrsnittene fra CERN som er antydet nede til



Figur 8 Totale virkningstverrsnitt fra FNAL for uelastisk spredning av nøytrinoer og antinøytrinoer på nukleoner som funksjon av energien E.

venstre i hjørnet av figuren. Alle numeriske resultat fra CERN som vi har diskutert, er i meget god overensstemmelse med disse nyeste målinger og derfor også alle tidligere konklusjoner om protonets struktur.

Vi har her prøvd å gi et lite inntrykk av hva man i de senere år har lært om nukleonets struktur ved å «se» direkte inn i dets indre ved hjelp av høyenergetiske elektron- og nøytrinostråler. De viktigste resultat kan summeres opp i fire punkter:

1) Nukleonet inneholder strukturløse partikler med spinn lik 1/2 som har svake og elektromagnetiske vekselvirkninger og kalles partoner av Feynman.
2) Partonene har de samme kvantetall som kvarkene til Gell-Mann og Zweig og kan derfor identifiseres med disse.
3) Protonet består hovedsaklig av 2 u-kvarker og 1 d-kvark sammen med en meget liten innblanding av kvark-antikvark par.
4) I tillegg inneholder nukleonet en tilsvarende del med limpartikler som er nøytrale, uten svake og elektromagnetiske vekselvirkninger og med forøvrig ukjente egenskaper.

Det er ennå mye teoretisk og eksperimentelt arbeide som må utføres før alle detaljer ved dette bildet av protonets indre blir klargjorte og man har en tilfredsstillende forståelse av materiens oppbygning i disse tidligere såkalte «elementære» partikler.

Solenergien og dens mulige anvendelser

Del II.

B. J. Brinkworth, overs.: O. Steinsvoll*

Apparater bygget på kvante-effekter

En håper å unngå termodynamiske begrensninger ved å utnytte fotonene i solstrålene direkte uten å gå veien om omforming til varme. I høyeffektive fotoceller som er blitt utviklet for romformål fører absorpsjonen av fotoner til dannelse av elektron-hullpar som blir adskilt ved et indre felt. Disse elektronene føres rundt i en ytre krets før de kan rekombinere med hullene. Elektronene må tilføres nok energi til å krysse en indre energibarriere eller en Schottky-barriere. Fotoner som har mindre energi enn barrieren, kan ikke løsrive noe elektron i det hele tatt, mens for fotoner som har mer energi enn barrieren fører overskuddsenergien bare til oppvarming av fotocellen uten å tilføre den ytre kretsen noe mer energi. Det er derfor en optimal høyde på barrieren for et gitt strålingsspektrum, og for solstråling ligger optimum på ca. 1.2 eV, som tilsvarer en bølgelengde på 1.1 μm. Omtrent 25 % av strålene har lengere bølgelengde enn dette mens den kortbølgede stråling ikke kan bli fullt utnyttet. Den maksimale effektivitet for energiomformingen for en ett-trinns fotocelle ligger derfor på 45 %.

En har lang erfaring med silicium-celler som er blitt utviklet for romfartsformål, og i den siste tida har GaAs/GaAlAs-celler vist seg å være lovende. Begge typer har en omformingseffektivitet på ca. 15 % på det nåværende tidspunkt, men de er svært kostbare. Dette skyldes ikke mangel på konstruksjonsmaterialer (silicium, f. eks. står på andre plass i rekken av de grunnstoff som det fins mest av på jorden), prisen skyldes utgiftene med å tilberede stoffene med riktig renhet og i den riktige form. Én-krystaller dopet med en konsentrasjon på en del i en million er passende egenskaper. For å få dette til må en først redusere mengden av urenheter i stoffet til under en del i 10^8. Dette er en større renhet enn det som er nødvendig til noe annet teknisk formål. Med de høye konstruksjonsutgiftene (£10 – £100 pr. watt) kan bruken av slike fotoceller bare rettferdiggjøres for meget spesielle formål slik som romfartøyer, bøyer og fjernstyrte hjelpemidler for navigasjon. En gjør nå store anstrengelser for å redusere prisen på slike fotoceller. Dette kan oppnås ved å utvikle produksjonen av dem i stor skala. (8) Hvis prisen er tilstrekkelig lav, kan en klare seg med mindre omformingseffektivitet. Cadium-sulfid-celler (i virkeligheten en sammenføyning av CdS og Cu_2S som blir nyttet i visse typer lysmålere), har en fått opp i en effektivitet på nesten 8 %. Disse kunne nyttes sammen med silicium-celler dersom de kunne lages med lengere levetid (9).

Fotokjemiske prosesser med høy effektvitet blir allerede nyttet i produksjon av oppløsningsmidler, insektmidler, legemidler, vitaminer osv. (10). Bare noen få av disse prosessene går særlig fort i sollys fordi fotonenergien er for lav. Mye arbeid er i gang for å forbedre effektiviteten. Det er blitt sagt at vi trenger ikke finne nye måter for å fange inn sollys siden Naturen allerede har gjort det, men i virkeligheten er ikke effektiviteten i vanlig fotosyntese særlig høy. Produksjonen av brennbart stoff i høyere planter utgjør bare 2 % av solenergien, og hvis dette nyttes som brensel i et termodynamisk system, vil virkningsgraden være forsvinnende liten.

De lavere planter gjør en bedre jobb. I fig 8 viser vi et system der en nytter én-cellede algevekster, vanligvis blågrønne alger av typene chlorella og scenedesmus. Algene vokser i store tanker som utsettes for sollys og som får næringsstoffer fra kloakken. I veksttankene er det en symbiose mellom alger og bakterier der ok-

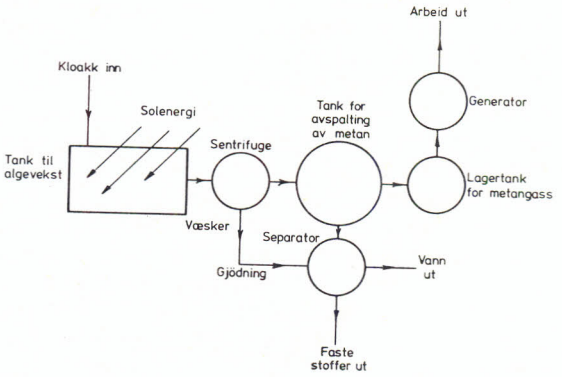
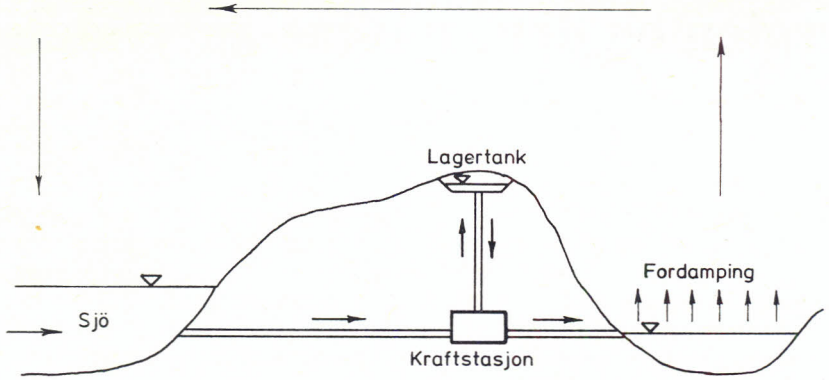


Fig. 8

Første del sto i FFV hefte 2 – 1975, side 29 f.



Figur 9

sygen og karbondioksyd blir utvekslet. Med jevne mellomrom blir tanken tømt for stoff og sentrifugert. Den faste delen blir så sendt til en stor tank der anaerobiske bakterier endrer stoffet til metan som så blir oppbevart som brensel. Den flytende delen blir oppdelt i vann og en næringsveske som kan nyttes som gjødsel. Selv om systemet ser innviklet ut, nytter en vanlig kjent teknologi. Det en egentlig gjør er å nytte seg av naturlige prosesser under nøye kontroll.

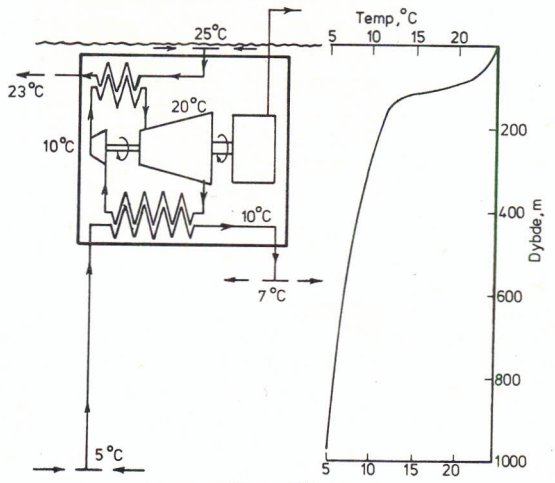
I hvor stor skala kan en nytte solenergi?

Det er ulike synsmåter når det gjelder i hvor stor grad en kan nytte seg av solenergi. Den lave energifluksen betyr at et meget stort oppsamlingsareal er nødvendig selv for moderate behov. Energipriduksjonen i Norge er f. eks. 7 x 10^{10} kWh pr. år (11), og hvis dette skulle dekkes bare med solenergi, med en effektivitet på 10 % trengs et oppsamlingsområde på 30km^2. Med den samme effektivitet ville det totale energibehov i verden dekkes av et areal på noen hundre km^2.

Et område som dette er lite hvis en sammenligner med størrelsen av ørkener og andre ubebodde steder på jorda, på den annen side er det ikke lite sammenlignet med størrelsen av vanlige konstruksjoner utført av mennesker. I virkeligheten er arealet av samme størrelsesorden som den totale takoverflaten til alle bygninger i verden. Det vil bli en svær oppgave å utføre en slik konstruksjonsjobb om igjen, og det er usikkert om en har konstruksjonsmaterialer til et slikt kjempebyggverk. Det er likevel andre utveier til å oppnå store oppsamlingsarealer, f. eks. ved å nytte sjøoverflater.

En utvei er vist i fig. 9. Dette er et system som er foreslått for den libyske ørken. Ideen er at en vil bygge en tunnel eller kanal fra Middelhavet, som i dette tilfelle blir ansett som en uendelig resurs, vannet passerer 80 km inn til forsenkninger ved Qattara. Det er meget stor fordampning i dette området, ca. 1.7 m pr. år. Ved å la store mengder vann strømme inn og fordampe i ørkenen, vil en kunne drive et vasskraftverk på 4000 megawatt. Et annet alternativ er å bruke sjøen selv som oppsamler, vist i figur 10. På den høyre siden av figuren vises et diagram over temperaturen i sjøvannet som funksjon av dybden for et tropisk område. Temperaturen går opp til 25° C ved overflaten, men ved en dybde på 1000 m har den falt til 5° C.

På venstre side av figuren vises et blokkdiagram av et system som skal utnytte denne lille temperaturdifferansen. Vann blir tatt inn nær overflaten ved 25° C og sluppet ut ved 23° C. Arbeidsvæsken vil da bli oppvarmet fra 10° til 20° C og fordamper. Gassen driver så en turbin og havner i en kondensator ved 10° C. Kondensatoren har inntak ved 1000 m dybde hvor temperaturen er 5° og utløp for spillvann ved



Figur 10

en dybde som tilsvarer 7° C. Meningen er nå at både inntak og utløp skal skje i den riktige dybden slik at en ikke forstyrrer likevekten ved å slippe ut varmt vann på for stort dyp eller kaldt vann for grunt.

Et slikt system ble først utprøvet av Claude i 1930 i nærheten av Cuba. Nye grundige undersøkelser viser en utgift på $170 for hver installert kilowatt i 1966 og en driftsutgift på 2.85 mils pr. kWh (12). Det er likevel bare få steder i verden at en vil kunne bygge slike kraftverk.

For landjorda er det ofte blitt foreslått at en burde plante til med skog igjen, særlig for å få brensel. Amerikanske og australske undersøkelser viser at hvis en bare nytter noen få prosent av landjorda for dette formålet vil en kunne møte framtidig etterspørsel etter brensel. Forkjempere for denne skogreisinga bruker gjerne litt for optimistiske verdier for energioppsamlingen og ser gjerne helt bort fra den skogskjøtselen som må til. En bør få sikrere verdier for den energien som går med til å felle, transportere, tørke og prossessere dette brenslet, og en bør også få bedre greie på effektiviteten i energiomforminga og hvilke miljømessige virkninger utslipp av røyk og aske vil få.

Vanetenking kan føre til forslag om å nytte solenergien på uriktig måte. Dette vil være den mest åpenbare vanskelighet ved å nytte solenergien i stor skala. De høye anleggsomkostningene for de fleste systemene som er omtalt kommer fra de store oppsamlingsflatene som må nyttes for å få en total utgangseffekt som tilsvarer konvensjonelle kraftstasjoner. Men med en energikilde som allerede er så fordelt som solenergien vil det ikke være lurt å samle energien i en sentral kraftenhet for siden å fordele den til forbrukerne. Det vil være bedre å omforme energien og bruke den der den faller. I et byområde vil det likevel ikke være mulig at hver forbruker har sin kraftstasjon (selv om mange kanskje kunne like den uavhengigheten som dette ville innbære).

Fordelene ved å utnytte solenergien er særlig innlysende i land med en lav befolkningstetthet, slik som i utviklingslandene. De har da også blitt sterkest rammet av prisøkningen på flytende brensel. Omlag 80 % av jordens befolkning bor mellom 40° nordlig og sørlig bredde. Dette området har en energiinnstråling som overstiger 1000 kWh/m² pr. år. Soldrevne apparater kunne øke produktiviteten betydelig innenfor slike lokale foretak som veving, saging av tømmer, papirframstilling, matkonservering, vannforsyning osv. På denne måten vil en kunne gi nytt liv til landsbygda og demme opp for den katastrofale folkevandring til byene. Alt behov for varmt vann i større institusjoner vil kunne oppfylles ved å samle opp solenergien som faller på taket; friskluftanlegg og vifter vil også kunne drives fra takanlegg. Loftet på et beboelseshus vil kunne gi kraft til en vevstol eller en dreiebenk. Taket på en låve vil gi nok energi til å drive en pumpe for vanning av 10 mål jord. Radio- og TV-apparater i skolene vil kunne drives med solfangere på størrelse med en tavle. Destillasjonsanlegg for vann på størrelse med en andedam vil kunne forsyne hele landsbyen med drikkevann. Alle disse mulighetene til å heve levestandarden i tilbakeliggende områder bør føre til større innsats fra de mer teknisk avanserte nasjoner. Alle former for hjelp vil kunne gjøre nytte; fra rent tekniske hjelpeprogrammer til ny eksporthandel. (1)

Bøker

Roar Rose og Jan M. Døderlein: Kjernekraft og annen Energi. 141 s. Grøndahl & Søn. 1974. Pris uinnb. kr.

Rose og Døderlein er ansatt ved Institut for Atomenergi og hører således til ekspertene. De har aldri gitt seg ut for å være egentlige motstandere av den energiform som IFA på samme tid skal befordre og overvåke utviklingen av.

Men vi burde vel kunne vente en bok med alle de nyeste tall, oplysninger og referanser. Desverre bringer denne her ikke stoff utover det som aviser og populærvitenskapelige blad har inneholdt i mange år, og i mange tilfeller langt mindre. Av den grunn blir fremstillingen av atomenergiens avfallsproblem, driftssikkerhet, strålingsfare, miljøforurensning og økonomi sørgelig ufullstendig.

Hva mener forfatterne f. ex. når de sier at det høyaktive avfall fra et 1000 Megawatts atomkraftverk bare er ca. 2,5 kubikmeter? Hvis det *gikk* an å begrense det på et så lite volum måtte det jo bli et hvitglødende inferno av radioaktivitet. Et begrep om problemets virkelige omfang kunne man fått ved å oppgi presis hvor stor varmeutviklingen og radioaktiviteten ville bli pr. volum og per vektenhet i disse «2,5m³».

Likeså mangler ordentlige opplysninger over det omfangsrike s. k. «lavaktive» avfall som også representerer en uhyre miljøtrusel. Slik er fremstillingen dessverre hele veien, alt for overfladisk og lite opplysende. Heldigvis finnes det på Norsk to andre bøker om disse emner: (Snm): «Nei til Atomkraft» og Naturvernforbundets: «Energi, Miljø og Samfunn» som gir langt klarere og nøyaktigere informasjoner.

Harald Wergeland.

En orientering om væskekrystaller

Ingar Singstad

En vil forsøke å gi et innblikk i væskekrystallenes struktur og anvendelse. Væskekrystallene, eller om man vil de flytende krystallene, oppfører seg mekanisk som vanlige væsker samtidig som de optiske egenskapene likner de krystallinske stoffer.

Væskekrystallene regnes å ha store teknologiske muligheter på en lang rekke områder, og en stor forskningsinnsats legges nå ned på dette området.

Væskekrystaller er hverken krystaller eller væsker, men utgjør en egen aggregattilstand. Væskekrystallene eksisterer innenfor bestemte temperaturområder, nedenfor en gitt temperatur er stoffet krystallinsk og over en gitt temperatur er stoffet en isotrop væske. Figur 1 viser dette.

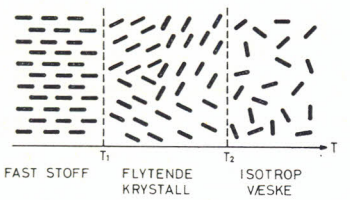


Fig 1

I en vanlig krystall er molekylene, eller grupper av molekyler, ordnet i regulære tredimensjonale gitter. En fundamental egenskap hos krystallinske stoffer er opptreden av Braggspredning, som er karakteristisk for hvert krystall gitter. Som kjent er Braggs lov gitt ved likningen,

$$2d\sin\Theta = m\lambda.$$

Her er d avstanden mellom planene og λ er bølgelengden til for eksempel røntgen-strålene. Ved vinkelen Θ observeres konstruktiv interferens fenomen.

I en væske forflytter molekylene seg tilfeldig omkring, men i en makroskopisk skala er den homogen og isotroptisk fordi alle retninger i rommet er ekvivalente. En isotrop væske fremviser ikke Bragg-spredning ved røntgenstråling, mens noen typer flytende krystaller fremviser Bragg-spredning og noen ikke.

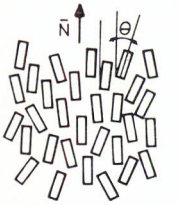
Cand. real. Ingar Singstad er amanuensis ved Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Væskekrystallene representerer en mellomting fra krystallenes sterkt regelmessige oppbygning til væskenes totale uorden. Denne mellomtilstanden kjennetegnes ved at molekylene har en tendens til å orientere seg i samme retning i rommet.

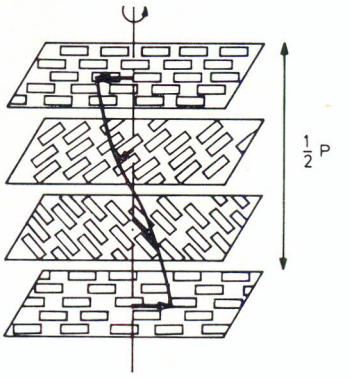
Væskekrystallene ble i 1922 av G. Friedel inndelt i tre hovedgrupper basert på symmetri egenskapene:

1. Nematisk
2. Kolesterisk
3. Smektisk

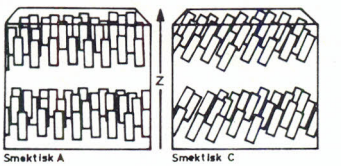
Figur 2 viser hvordan en tenker seg oppbygningen innen disse tre hovedgrupper.



Nematisk struktur. N er direktoren



Kolesterisk struktur



Smektisk, lagdelt struktur

Fig 2

I den *nematiske gruppen* kan molekylene forflytte seg tilfeldig omkring, likedan som for vanlig væske, men molekylene vil hele tiden være innrettet langs en akse i rommet. Den *kolesteriske gruppen* har en spiralstruktur med hensyn til molekylretningen, som figuren viser. Innenfor hvert lag oppfører de seg som nematiske stoffer. Den *smektiske* fasen kjennetegnes med en lagdeling. Tykkelsen på lagene er av størrelsesorden lik lengden på molekylene, 20–40 Å. Ettersom kreftene mellom lagene er svake, vil disse kunne gli forholdsvis lett over hverandre. Innenfor et sjikt er molekylene innrettet langs en retning, og da fortrinnsvis langs en akse normalt på lagdelingen.

Væskekrystallene består av langstrakte organiske molekyler, og en kan ikke si at de er sjeldne blant organiske molekyler. Siden 1888 har omlag 2000 organiske forbindelser vist seg å kunne danne flytende krystall fase. Figur 3 viser noen organiske molekyler som kan danne væskekrystaller.

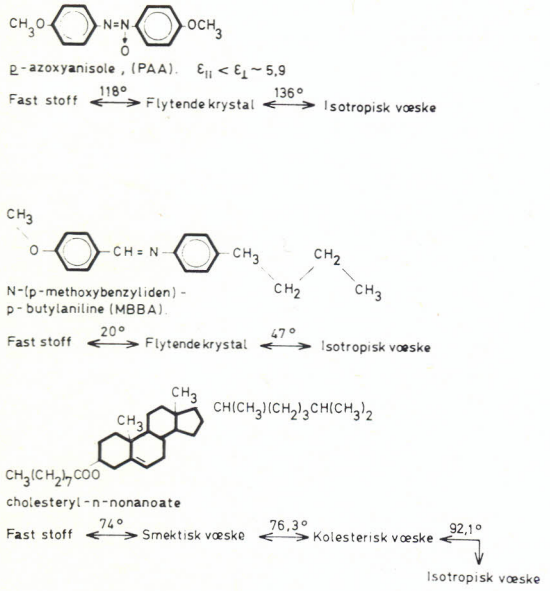


Fig 3

De kjemiske navnene er ofte lange og derfor benyttes gjerne forkortelser som PAA og MBBA. PAA har en lengde på 20 Å, den er altså forholdsvis kort, og har en bredde på 5 Å. Den nematiske fasen for PAA opptrer ved høy temperatur, mellom 116° C, og 135° C ved atmosfærisk trykk. MBBA er nematisk mellom 14° C og 47° C, noe som gjør denne svært anvendelig i teknikken. Dette er en gulaktig væske.

En kan nevne at enkelte av de gruppene som er knyttet til molekylet, kan ha stor innflytelse på de elektriske egenskapene. For eksempel har NO-gruppen som finnes i PAA, et permanent dipol-moment som er helt dominerende i molekylet, og denne dipolen er rettet på tvers av molekylets lengdeakse.

Figuren viser også strukturen til et kolesterisk molekyl. Disse er som navnet antyder, derivater av kolesterol. Kolesterol selv danner imidlertid ikke væskekrystaller.

Det er mange spekulasjoner om hvilken betydning væskekrystallene kan ha i de levende celler. De kolesteriske væskekrystallene er meget følsomme for kjemiske sporstoffer. Ekstremt små konsentrasjoner av kjemiske fremmedstoffer, kan føre til en rask fargeforandring i molekylet. Det faktum at alle væskekrystaller som er fargefølsomme, finnes i naturen, eller kan bli laget av naturlig forekommende forbindelser, leder en til å tenke på at den flytende krystallfasen kan ha betydning for, for eksempel, luktesansen.

Det kan også nevnes at enkelte virus-arter kan danne væskekrystaller, et standard eksempel er tobakk mosaikk virus (TMV) med lengde 3000 Å og bredde 200 Å. Disse kan være gunstig eksperimentelt da virus-molekylene alltid er av samme lengde.

De molekylære egenskapene en finner hos den flytende krystallfasen, kan summeres opp som følgende.

1. Molekylene er langstrakte. Flate segmenter som benzen-ringer i molekylet bidrar til å øke væskekrystallegenskapene.

2. Molekylene er forholdsvis «stive» langs hovedaksen, dobbeltbindinger er vanlige langs denne aksen.

3. Permanente dipoler og forholdsvis lett polariserbare grupper innen molekylet, ser ut til å være viktig. Sterke dipoler langs molekylaksen bidrar til å forsterke muligheten til å få frem væskekrystallfaser.

Lengdeaksen til molekylet faller stort sett sammen med retningen til maksimum polariserbarhet. Da retningen i rommet som nevnt, opprettholdes og molekylene fordeler seg tilfeldig rundt denne aksen, vil også brytningsindeksen være størst langs $\vec{N}$ og minst langs retninger vinkelrett på $\vec{N}$.

Væskekrystallenes teknologiske muligheter ligger først og fremst i deres *optiske egenska-*

per, lokale forstyrrelser av væskekrystallenes ordning gir store effekter i den optiske anisotropi. Dette er lett å få til ved å forandre trykk eller temperatur, benytte elektriske eller magnetiske felter, eller ad kjemisk vei tilsette forurensninger. En kan forandre nær sagt all tenkbar form for informasjon over til synlige signal. Et problem er å få effekten selektiv nok. Billedfremstilling og lagring av informasjon er felter hvor det legges ned mye arbeid nå for å tilpasse væskekrystaller. TV apparater kan lages tynne som bilder, da katoderøret blir overflødig.

Teorien som ligger til grunn for væskekrystallene er en *kontinuum* teori. Det er en elastisk teori tilpasset anisotrope væsker. Vi skal ikke her ta for oss denne noe omfattende teori, men bare netvne at grunntilstanden kjennetegnes ved et homogent retningsfelt $\bar{N}$ (r), og at enhver forandring av molekylenes preferanseretning fører til elastisk energi.

Preferanseretningen ses igjen i alle makroskopiske tensoregenskaper, for eksempel er en nematisk væskekrystall optisk sett *uniaksial* med den *optiske* akse langs $\bar{N}$. I nematiske stoffer er differansen mellom brytningsindeksene n_e, parallelt med den optiske akse og n_o, vinkelrett på den optiske akse, $n_o - n_e \cong 0.3$. Til sammenligning kan nevnes at for kvarts er denne forskjellen $n_e - n_o = 0.01$.

Jeg vil først omtale litt mere inngående det *nematiske systemet:*

Nematiske væskekrystaller

1. Den krystallinske orden mangler, og følgelig ingen Bragg-refleksjon ved røntgenbestråling. En kan skyte inn at lagdelingen til de smektiske systemer kan studeres ved Bragg-refleksjoner. Egenskapene til de nematiske krystaller ligner meget på en vanlig væske. For eksempel er viskositeten til PAA ca. 0.1 Poise, sammenlignet med vann ca. 0.01 Poise.
2. I motsetning til vanlige væsker, er imidlertid *retningene* til molekylene i væskekrystallene ikke tilfeldige. Molekylene har en tendens til å innrette seg langs en felles akse, betegnet med enhetsvektoren $\bar{N}$ (direktor $\bar{N}$).

   Videre er det en rotasjonssymmetri rundt aksen. Retningen av $\bar{N}$ er tilfeldig i rommet, men i praksis vil effekter fra vegger påvirke retningen.
3. Tilstandene $\bar{N}$ og $-\bar{N}$ er de samme. Hvis for eksempel de enkelte molekyler har permanente dipoler, vil det være like mange «oppe» som «nede» og systemet er ikke ferroelektrisk. Ferroelektriske krystaller har et elektrisk dipol-moment selv om de ikke blir påvirket av et ytre elektrisk felt.

   Molekylretningen vil ha en vinkelfordeling om preferanseretningen, se figur 2. Denne fordeling om en retning i rommet beskrives ved hjelp av ordningsparameteren

$$\eta = \langle \tfrac{1}{2}(3\cos^2\Theta - 1) \rangle .$$

Figur 4 viser ordningsgraden som funksjon av temperaturen.

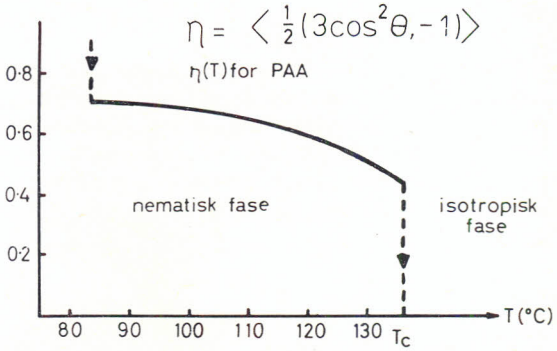


Fig 4 Ordningsparameteren η som funksjon av temperaturen for PAA. Etter Maier og Saupe.

Legg merke til at η forandrer seg sprangvis ved overgangen fra den nematiske til den isotrope fasen. Mange vil kanskje gjenkjenne η som et kvadrupol ledd. Vi betegner molekylets akse med vektoren $\bar{a}$ og fordelingsfunksjonen for molekylaksen rundt $\bar{N}$ for $f(\Theta,\varphi)d\Omega$, som altså er sannsynligheten for å finne en molekylakse i romvinkelen $d\Omega = \sin\Theta\, d\Theta\, d\varphi$ rundt retningen (Θ,φ). Middelverdier av typen

$$\langle \cos\Theta \rangle = \langle \bar{a} \cdot \bar{N} \rangle = \int f(\Theta) \cos\Theta \, d\Omega$$

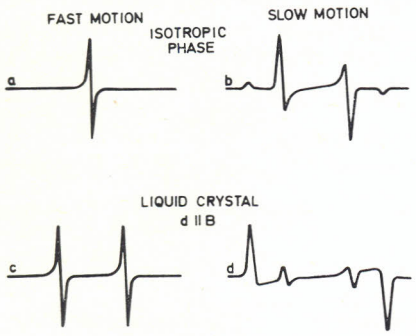
vil forsvinne ut i fra det vi tidligere har sagt om sylindersymmetri og at $\bar{N} = -\bar{N}$. Dette fører til $f(\Theta) = f(\pi - \Theta)$. Det første multipolleddet som gir en fysisk mening blir da kvadrupolleddet

$$\eta = \tfrac{1}{2}(3\cos^2\Theta - 1)$$

Dersom orienteringen var helt tilfeldig, $f(\Theta)$ uavhengig av Θ, vil en ha $\langle \cos^2\Theta \rangle = \tfrac{1}{3}$ og dermed $\eta = 0$. Vi ser altså at η kan være et mål for innretningen av molekylene langs en preferanse retning. For væskekrystaller har vi altså η alltid forskjellig fra null.

4. For at en skal ha en nematisk væskekrystall, må molekylene være optisk inaktive.

Fra et krystallografisk synspunkt, kan de symmetriegenskapene som er nevnt under punktene 2, 3 og 4, sammenfattes i symbolet $D_{\infty h}$ i Shoenflies notasjonen. Denne dobbelnaturen ved de flytende krystallene, væskekarakter og uniaksial egenskap, kommer tydelig frem ved NMR forsøk (nuclear magnetic resonance forsøk). Dette er en målemetode som er meget benyttet ved strukturstudier av organiske stoffer. Den uniaksiale egenskapen fører til en oppsplitning av nivåene, noe som ikke er tilfelle for isotropiske væsker. Figur 5 viser et NMR forsøk.



A SELECTION OF IDEALIZ PROTON MAGNETIC RESONANCE SPECTRA FOR THE NEMATIC AND ISOTROPIC PHASES OF A NEMATOGEN

Fig 5 Etter Gray og Winsor.

I et NMR forsøk blir prøven som skal undersøkes utsatt for et variabelt magnetfelt $\bar{H}$. Hvis vi nå betrakter en benzen-ring i en flytende krystall, vil et proton sette opp et dipolfelt $\Delta\bar{H}$ slik at naboprotonet vil erfare det totale magnetfelt $\bar{H} \pm \Delta\bar{H}$. Denne dipolkoblingen fører til en oppsplitning av resonanslinjene. Dipolkoblingen observeres ikke i isotrope væsker på grunn av molekylenes tilfeldige bevegelser, men den opptrer i faste stoffer, og som figur 5 viser, i flytende krystaller.

Linjene er forholdsvis skarpe, det betyr raske molekylbevegelser, noe som er typisk for væsker. (Motional narrowing).

NMR forsøk har vært meget benyttet i studier av væskekrystaller, et stort antall publikasjoner viser dette. Det kan nevnes at også den tidligere omtalte *ordningsparameteren* kan finnes ved slike eksperimenter når avstanden mellom protonene er kjent, for da kan en også beregne dipolfeltet satt opp av det ene protonet i benzen-ringen.

Monokrystallinske prøver.

I store prøver vil direktoren variere fra ett område til et annet, en slik prøve vil ikke være transparent for lys, men sprer det innfallende lyset. De anisotrope egenskapene er spesielt tydelig ved monokrystallinske prøver. Disse består av tynne nematiske sjikt av ca. 20 μ tykkelse plassert mellom to glassplater. Figur 6 viser en slik monokrystallinsk celle.

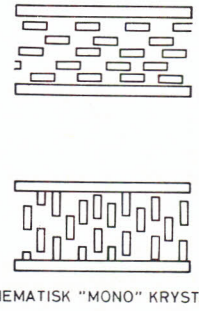


Fig 6

Vi kan få molekylene til å innrette seg langs glassflatene ved å gni glasset med linsepapir. Molekylene innstiller seg normalt på glassflaten ved å benytte svært rene celler, den optiske aksen står da også normalt på glassflaten. Begge disse monokrystaller er klare og transparente. Vi kan påvirke orienteringen av molekylene ved elektriske eller magnetiske felter.

Jeg vil kort omtale *magnetiske* og *elektriske* effekter.

Magnetiske effekter.

Vi vil først vise en figur som tydelig demonstrerer hvor kompleks den magnetiske vekselvirkningen kan være med væskekrystallene. Ved magnetisk feltstyrke av en viss styrke, dannes topper og daler i overflaten, denne situasjonen er termodynamisk, mere stabil enn en flat overflate.

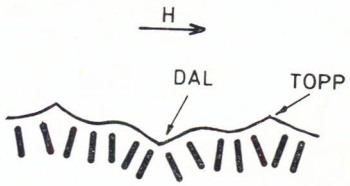


Fig 7

De fleste organiske stoffer er diamagnetiske, og særlig er de diamagnetiske effekter sterke for molekyler med benzen-ringer. Et magnetisk felt normalt på planet gjennom ringen vil bygge opp en strøm i ringen som vil redusere fluksen gjennom benzen-ringen. Dette vil energimessig sett ikke være stabilt og benzen-ringen vil søke å orientere seg slik at den blir parallell med H-feltet, da blir ingen strøm indusert, og det pålagte H-feltet blir lite forstyrret. Mole-

kylene er da innrettet parallelt med det magnetiske feltet. Dersom H-feltet danner en vilkårlig vinkel med $\bar{N}$, kan vi skrive opp følgende generelle uttrykk for magnetiseringen $\bar{M}$:

$$\bar{M} = \chi_{+} H + (\chi_{11} - \chi_{+})(\bar{H} \cdot \bar{N})\bar{N}$$

Suceptibiliteten $\chi_{\perp}$ og χ_{+} er negative (diamagnetisme) små størrelser.

På grunn av at molekylet har full rotasjonsfrihet rundt lengdeaksen, er det tilstrekkelig med to komponenter χ_{11}, parallell med aksen og $\chi_{\perp}$ vinkelrett på aksen. I nematiske stoffer er vanligvis,

$$\chi_a = \chi_{11} - \chi_{+} > 0, \text{ altså } \quad |\chi_{+}| > |\chi_{11}|$$

Bidraget til den frie energi, det termodynamiske potensialet, som skyldes magnetiseringen $\bar{M}$ skrives slik,

$$F = \int_0^H \bar{M} \cdot d\bar{H} = -\tfrac{1}{2}\chi_{\perp} H^2 - \tfrac{1}{2}\chi_a(\bar{N} \cdot \bar{H})^2$$

Leddet $\frac{1}{2}\chi_{\perp} H^2$ er uavhengig av molekylorienteringen, altså uavhengig av $\bar{N}$. Det siste leddet interesserer, fordi dette leddet vil hjelpe oss til å forstå hvordan molekylene i en flytende krystall innretter seg når en pålegger et magnetfelt $\bar{H}$. Fra termodynamikken har en at en irreversibel prosess ved konstant trykk og temperatur, fører til en minskning av det termodynamiske potensialet (Gibbs frie energi). For eksempel en kjemisk reaksjon er en slik irreversibel prosess. Likevekt oppnås ved minimum for den frie energi. Når $\chi a > 0$, vil det siste leddet være minst mulig når $\bar{N}$ er parallell med $\bar{H}$.

De nematogene molekylene MBBA og PAA har to aromatiske ringer og disse molekyler vil innrette seg slik at den optiske aksen $\bar{N}$ blir parallell med magnetfeltet. Denne koblingsenergien er imidlertid liten, den er av størrelsesorden $(\mu H)^2/E_{el}$ hvor μ er Bohr magneton og E_{el} elektrisk eksitasjonsenergi.

Talleksempel:

$H = 10^4$ Oersted, $\mu H = IK$, $E_{el} = 10$ eV $= 10^5$K
$(\mu H)^2/E_{el} \sim 10^{-5}$K som er mye mindre enn den termiske energien k T.

Derfor skjønner vi at et enkelt molekyl i gassfase, ikke vil rette seg inn etter et H-felt av rimelig størrelsesorden på grunn av den termiske varmebevegelsen. Men i en prøve kan vi ha $N \sim 10^{22}$ molekyler som bare kan rotere i takt og derfor blir koblingsenergien større enn de termiske varmebevegelsene.

$N \cdot \dfrac{(\mu H)^2}{E_{el}} >> K_B T$, og molekylene vil innrette seg langs $\bar{H}$.

Elektriske felter.

Som alt nevnt, har statiske elektriske felter flere effekter på nematiske stoffer. Vi vil holde oss til perfekte nematiske isolatorer. De statiske dielektrisitetskonstanter $\varepsilon||$ målt langs den nematiske akse (det vil si parallelt med den optiske akse) og $\varepsilon_{\perp}$ normalt til den er jo i alminnelighet forskjellig.

En generell likning for $\bar{E}$ og $\bar{D}$ skrives:

$$\bar{D} = \varepsilon_{\perp}\bar{E} + (\varepsilon_{11} - \varepsilon_{+})(\bar{N} \cdot \bar{E})\bar{N}$$

$$\varepsilon_a = \varepsilon_{11} - \varepsilon_{\perp}$$

Vi må huske på at dielektrisitetskonstanter er frekvensavhengig, men vi vil ikke bry oss med hurtigvarierende elektriske felter. Fortegnet på ε_a er forskjellig for de ulike væskekrystaller.

I PAA er $\varepsilon_{11} - \varepsilon_{\perp} = \varepsilon_a < 0$, da NO gruppen som dominerer, er rettet på tvers av molekylets akse. Situasjonen er omtrent den samme i MBBA. Vi kan nevne at bifenyl, som også er en flytende krystall, har en stor ε_{11} ($\varepsilon_{11} = 17$, $\varepsilon_{\perp} = 6$).

Ved en elektrisk spenning på noen få volt, vil det største av dipolmomentene stille seg inn etter feltretningen, tilsvarende som for det magnetiske felt. Vi innser dette ved å betrakte bidraget til den frie energi som skyldes koblingen mellom E og N vektorene, $-\varepsilon_a(\bar{N} \cdot \bar{E})^2$. Dette er et tilsvarende uttrykk som for H-felter.

Dette potensialet må være minimum for en ytre, pålagt spenning. Når $\varepsilon_a > 0$, vil molekylene innrette seg langs E-feltet, og når $\varepsilon_a < 0$, vil molekylene stille seg på tvers av feltretningen. For eksempel PAA innstiller seg på tvers av det pålagte feltet. De fleste av væskekrystaller har $\varepsilon_a < 0$. Disse betraktninger gjelder også for lave frekvenser, og dessuten har vi ikke omtalt ledningsevnen σ som jo er meget viktig.

Dynamisk spredning.

En elektro-optisk effekt av stor teknologisk betydning, er det fenomen som kalles *dynamisk*

spredning. En celle av et nematisk stoff som pålegges et elektrisk felt av størrelsesorden $5 \cdot 10^3$ V/cm, går over fra å være transparent til en fullstaendig hvit væske som sprer lyset sterkt.

For å få til dynamisk spredning kan vi summere opp følgende:

Vi velger et nematisk materiale med en statisk dielektrisitetskonstant ε_{11}, målt langs den optiske aksen, som er mye mindre enn $\varepsilon_{\perp}$. Dette realiseres for eksempel med en $N \rightarrow 0$ gruppe i molekylet som tidligere omtalt.

En dråpe av for eksempel MBBA legges mellom to elektrisk ledende glassplater, glass belagta med tinnoksyd, vil være en praktisk dynamisk spredningscelle. Ved lave spenninger er krystallen klar og gjennomskinnelig, molekylene er da orientert slik at $\varepsilon_{\perp}$, som er den største komponenten, er langs de pålagte feltlinjer. Ved en terskelspenning V_t, skifter cellen karakter og en observerer periodiske forstyrrelser. Disse kalles Williams doméner. Det er vist på figur 8.

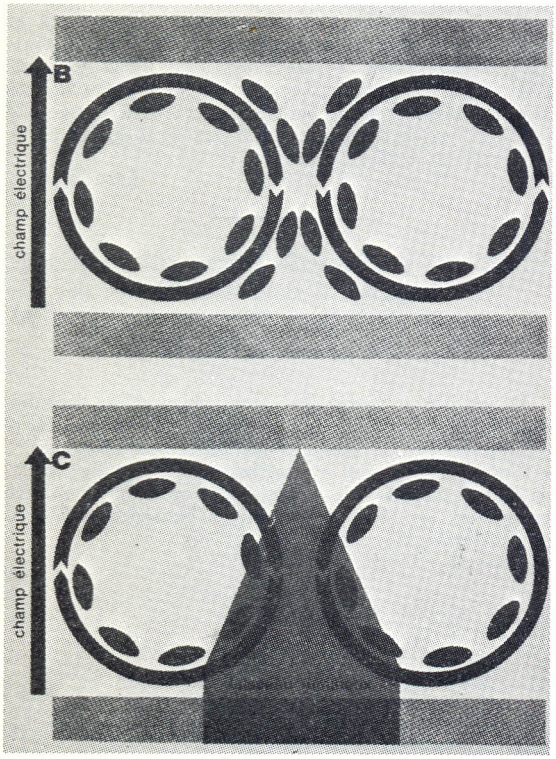


Fig 8 Williams områder og fokuserings-effekter. Etter La Recherche 1971.

Ved en enda høyere spenning, 30–60 V (likespenning eller vekselspenning), oppstår den såkalte dynamiske spredning. Williams områdene blir ødelagt, turbulente strømmer dannes og den nematiske orden ødelegges.

Den dynamiske spredningen fører til en enorm lysspredning, en flate av nematisk stoff blir diffus, nesten metallisk reflekterende, omtrent som for aluminium. Figur 9 viser et eksperiment med dynamisk spredning.

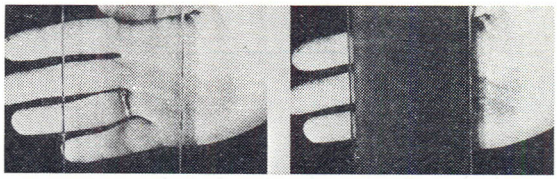


Fig 9 Dynamisk spredning.

Teorien for dynamisk spredning er ikke helt klarlagt, men W. Helfrick foreslo en forklaring basert på dannelsen av spredningscentra ved ladningstransport og konveksjon.

Hvis vi går tilbake til situasjonen med Williams områdene, og vi sender polarisert lys gjennom cellen, oppnås en fokusering av lyset. Figur 10 viser dette. Vi ser på den nematiske cellen som en positiv uniaksial krystall, $n_e > n_o$.

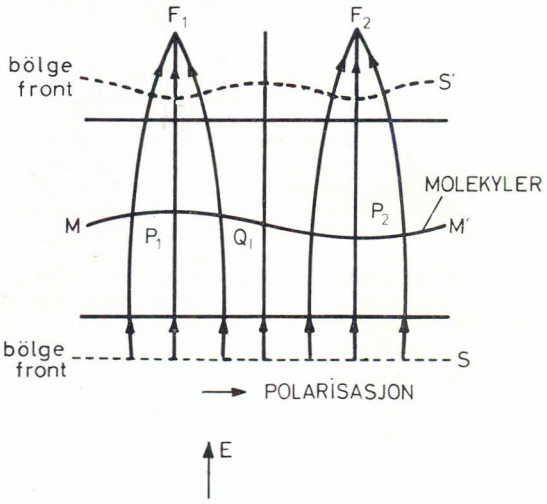


Fig 10

Polarisasjonsretningen er parallell med den optiske aksen og brytningsindeksen er da den ekstraordinære indeksen n_e.

Vi tenker oss molekylordenen er noe forstyrret, som vist på figuren. Ved Q danner polarisasjonen en vinkel med den optiske aksen og den effektive brytningsindeksen er ved dette punkt mindre enn den ekstraordinære brytningsindeksen, $n_{eff} < n_e$.

Lyshastigheten er derfor størst i Q og bølgefronten blir bøyet som figuren viser. Vi ser at dette fører til en fokusering av lyset – når en benytter Huygen's prinsipp. Vi kan konkludere med at ved gjennomlysning av en nematisk celle med polarisert lys, kan vi få den flytende krystallen til å oppføre seg som en sylinderlinse med fokusering av lyset i punktene F_1, F_2, o.s.v.

(Fortsettes i neste hefte)

Bøker

Kollerud – Mygland: Fysikk. Universitetsforlaget, 1974. 127 sider. Pris kr. 28.

Denne bok er ment å skulle dekke fysikken i det obligatoriske kurs Naturfag 1 i den videregående skolen. Det er beregnet at fysikk skal ha en uketime i et år, altså leses av alle. Fagplanen som eksisterer er meget ambisiøs, så man må sannsynligvis være skolepolitiker for ikke å forstå at dette må barke galt i veg. Jeg er redd for at det eneste man oppnår er å skremme elevene bort fra de frivillige fysikkfagene. Etter de prognosene som er utarbeidet på grunnlag av erfaringer fra reformgymnaset, ser det ut som bare halvparten av de som leste fysikk før, vil velge fysikk i den fremtidige skolen. Det er vanskelig å skjønne at noen kan være tjent med det. Jeg har sagt det før og jeg gjentar det nå. Skal ikke elevene skremmes bort fra fysikk, må man ta med tekniske anvendelser. Bil, fly, atomkraftverk etc. Bjørnhaugs bok for ungdomsskolen inneholder en del brukbart stoff om bilen. Det er noe å bygge på. Man må selvsagt ikke la pendelen slå for meget ut til den andre siden heller.

Forfatterne av denne boken har intet med fagplanen å gjøre. Så de har selvsagt ikke hatt noe annet å gjøre enn å følge den lojalt. Boken bygger så vidt jeg kan se på Christensen – Mygland – Kollerud: Fysikk og kjemi for yrkesskolen. Universitetsforlaget 1971. Noen av de aller verste feilene i den er blitt rettet opp. Men fortsatt er det så mange feil og misforståelser ute og går at jeg ikke riktig vet hvor jeg skal begynne eller slutte. Det er vel forresten ikke riktig å fylle FFV's sider med dette. La meg derfor si at de som er interessert kan få en liste av meg med de feilene jeg har funnet.

Jeg ønsker til slutt at det nye Undervisningsutvalget i Norsk Fysisk Selskap må ha større hell med seg enn det gamle når det gjelder å påvirke forlagene til å bruke vettuge fagkonsulenter.

K. J. Knutsen.

M. Schultz og L. J. Lanzerotti: Particle Diffusion in the Radiation Belts. Physics and Chemistry in Space. Vol. 7. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1974, 215 sider. Pris DM 78,–.

Oppsendelsen av de første instrumenterte satelitter førte til at jordens strålingsbelte ble oppdaget. Det har siden vært gjenstand for et intenst eksperimentelt og teoretisk studium. Dette har ført til at vi i dag i store trekk kjenner partikkelsammensetningen i strålingsbeltet, og ved å benytte adiabatisk teori for bevegelse av ladete partikler i elektriske og magnetiske felt har vi oppnådd å få en god beskrivelse av «grunntilstanden» for strålingsbeltet.

Mange interessante forhold henger imidlertid sammen med prosesser hvor den adiabatiske teori bryter sammen. Blant de viktigste av slike prosesser er de som påvirker partikkelbevegelsen stokastisk. Brudd på den tredje invariant fører til at partiklene blir transportert på tvers av magnetfeltet, slik radiell diffusjon er viktig for dannelsen av strålingsbeltet. Brudd på den første og annen invariant fører til at vinkelen mellom partikkelbanen og magnetfeltet forandrer seg. Denne pitch vinkel diffusjon har stor betydning for dannelse av nordlys og ionosfære. De eksperimentelle måledata indikerer at slike diffusjonsprosesser spiller en sentral rolle for hvordan partiklene i strålingsbeltet oppfører seg. Boken gir en systematisk behandling av det begrepsapparat som er nødvendig for å kunne forstå de forskjellige former for partikkeldiffusjon i strålingsbeltet.

Innledningen og det første kapitel i boken gir en kort og konsis oversikt over magnetosfæren. Den forutsetter dog at leseren har noe kjennskap til feltet. Deretter blir det teoretiske grunnlaget for forståelsen av diffusjonsprosessene utviklet. Forfatterne gjennomgår forskjellige teknikker som er nyttige når en skal anvende den generelle teorien for å interpretere observasjoner.

Boken er velskrevet og gir en samlet framstilling av et problemområde som det tidligere har vært vanskelig å orientere seg i. Den retter seg i første rekke til folk som arbeider innen kosmisk geofysikk, men vil også være til stor nytte for andre som ønsker å få en solid forståelse av de prosesser som fører til diffusjon av ladete partikler i magnetosfæren.

Finn Søraas.

G. Falk og W. Ruppel: «Mechanik, Relativität, Gravitation». Serien: Die Physik des Naturwissenschaflers. Springer Berlin 1974, 442 s., pris innbundet 38 DM.

Denne boken krever ikke store matematiske forkunnskaper, men gir allikevel en meget omfattende framstilling av den klassiske mekanikens grunnbegreper.

Utvalg og ordning av stoffet er litt uvanlig og det er hentet både fra de tradisjonelle og historisk viktige eksempler og fra ultramoderne bevegelsesproblemer med elementærpartikler.

Kapiteloverskriftene er:

I Almindelig orientering
II Impuls og Energi
III Støtprosesser
IV Felter
V Dreieimpuls
VI Relativitetsteori
VII Gravitasjon

Det er ikke en lærebok i analytisk mekanik, men en bok av almendannende verdi som gir en god oversikt og en kritisk gjennomgåelse av grunnlaget. Den vil være av interesse for realkandidater og ingeniører. En fremmelig gymnasiast vil sikkert også kunne ha stor glede av Falk og Ruppels bok.

Harald Wergeland.

Jack Bjerknes 1897—1975

K. J. Knutsen.

Jack Bjerknes eller som hans døpenavn lyder – Jacob Aall Bonnevie Bjerknes – ble født den 2. november i 1897. Han var sønn av den kjente norske fysikeren Vilhelm Bjerknes.

Meteorologien var frem til første verdenskrig en meget primitiv vitenskap. De meteorologiske lærebøkene besto av kolonner med observasjonsdata og beskrivelser av fenomener uten å se disse i relasjon til fysikkens lover. Meteorologen Sverre Pettersen gir i sin bok: «Kuling fra nord» noen morsomme eksempler på dette: «Regn falder altid i Draaber, aldri i Traade.» «Regndraaber er ikke hule, men hele Kugler»: «Blodregn er Regn av rødlig Farve foraarsaget af rødt Støv der er hvirvlet op af sterke og hede Vinde over Saharaørkenen».

Oppdagelsen av revolusjonerende nye metoder i værvarslingen ble gjort i Norge av den såkalte Bergensskolen som ble ledet av Vilhelm Bjerknes. Og det kan vel sies at det var Jack Bjerknes, den gang bare 20 år, som gjorde den første oppdagelsen som fikk direkte betydning for værvarslingen. Han studerte sykloner som er et meget viktig meteorologisk fenomen, og fant at de vanligvis besto av to luftmasser som ikke hadde samme temperatur. Temperaturforskjellen gjør at de to luftmassene har forskjellig tetthet og forskjellig potensiell energi. På dette grunnlag skapte han en syklonmodell som indikerte hvordan en storms vandring kunne sees i sammenheng med strømninger i den varmeste luftmassen og hvordan skysystemer med nedbør ble opprettholdt.

Modellen ga anvendelse for det berømte sirkulasjonsteorem som Vilhelm Bjerknes hadde funnet mange år tidligere.

I begynnelsen av tjueårene forbedret Jack Bjerknes syklonmodellen i samarbeide med den norske matematikeren Halvor Solberg og den svenske fysikeren Tor Bergerson.

Bjerknes ble dr. philos. i 1924. Han var bestyrer av Værvarslingen for Vestlandet, og fra 1931 til 1940 professor i teoretisk meteorologi ved Bergens Museum. Fra 1940 var Bjerknes professor ved University of California. Under den annen verdenskrig trengte man et stort antall meteorologer, og Bjerknes ytet stor innsats ved utdannelsen av disse. Han deltok også som offiser i operasjonene mot japanerne. Han ble amerikansk statsborger i 1953. Professor Bjerknes ble utnevnt til ridder av 1. klasse av St. Olavs orden i 1947, i 1959 fikk han den meteorologiske verdensorganisasjons prisbelønning og i 1967 ble han tildelt National Medal of Science som er den høyeste utmerkelse for fremragende videnskapelige eller ingeniørmessige prestasjoner i USA.

National Medal of Science ble tildelt for syklonstudier og arbeider i forbindelse med oseanenes betydning for klimaet.

Jack Bjerknes døde 7. juli i år.

FLERE NYE PARTIKLER

Vi har før rapportert om de to nye tunge partiklene på 3.1 GeV og 3.7 GeV som høyenergifysikerne har oppdaget. (FFV no. 1, 1975). Vi har også netvnt at teoretikerne har prøvd å forklare den lange levetida deres med at en «charmed quark» og en «anticharmed quark» har slått seg sammen til et nytt slags atom, et sjarmonium atom, $c\bar{c}$. I et slikt atom vil sjarmeegenskapen nøytraliseres, og den lange levetida vil kunne forklares på samme måten som den lange levetida til orto-positronium der et elektron og et positron sirkler om hverandre. Et slikt atom skulle også kunne ha andre energinivåer hvis forklaringa er rett.

Liknende undersøkelser ble derfor satt i gang ved DESY (Deutsche Elektron Synchrotron) i Hamburg, og det har resultert i at enda flere partikler er blitt oppdaget i det samme energiområdet: Chi har energien 3.4 GeV og X har energien 2.8 GeV. Mellom 3.4 og 3.5 er det mulig at det fins opptil 3 ulike partikler: Denne plutselige flommen av nye partikler ser ut til å vise at det fins en hel familie, men det er ikke helt klart om de alle sammen er ulike energinivåer av sjarmonium.

Det gjelder nå å finne en partikkel med virkelig sjarme. Blant 62 000 boblekammerbilder fra Brookhaven ar det mulig at en event viser et hadron med sjarme. Fra Fermilab i Chicago meldes om en Y-partikkel som muligens har sjarme, og fra Japan meldes om en såkalt Niupartikkel. Elementærpartikkelteorien er derfor i sterk bevegelse om dagen. *O. St.*

MØTE I OPTIKKSEKSJONEN, NFS

Norsk Fysisk Selskaps faggruppe for optikk arrangerte dagene 10.–13. april 1975 den etterhvert tradisjonelle bi-årlige konferanse i elektrooptikk på Rauland Høyfjellshotell.

Konferansen samlet 45 deltagere fra NTH, FFI, SI, Universitetene i Oslo og Tromsø, NILU, TF, Simrad og Veritas. I tillegg var ti utenlandske foredragsholdere invitert.

Konferansens hovedtema var optisk kommunikasjonsteknikk med vekt på fiberoptikk. Dette er et fagområde som idag klart krever oppmerksomhet.

Foredragsholderne ga samlet en oversikt over status i en vesentlig del av den forskningsaktivitet som pågår, med representative bidrag fra USA (Tingye Li, Bell Labs), England (John Midwinter, Post Office Research Lab) og Tyskland (Stephan Masyowski, AEG Telefunken).

I tillegg ble det gitt flere foredrag om komponentteknologi og integrert optikk.

Andre emner var:

- Fri sikt kommunikasjon med CO_2 laser
- Laserspektroskopi til luftanalyse
- Lasereksitert fluoresens til deteksjon av oljesøl og planktonforekomster
- «Specle» interferometri
- Interferometriske studier av det indre øret
- Fotometriske målinger av diffraksjonsmønstre som skyldes månens okkultasjon av stjerner
- TV-opptak av nordlys
- Kosmiske fjern-infrarøde målinger
- Detektor-kjøleteknikk
- GaAs fotokatoder
- Diodelaser og to-frekvens CO_2 laser for atmosfærespektroskopi
- Forbredning- og metningsmekanismer i gasslasere
- Røyk-tetthetsmåling basert på spredning av laserlys
- Laser strømningsmåler
- Forplantning av lys i uniaksiale anisotrope media
- Termisk avbildningsteknikk
- Undervisning i elektrooptikk ved NTH

Professor E. Byckling fra Helsinki Universitetet ga en oversikt over laseraktiviteten i Finnland.

Per Aage Stokseth og Tycho Jæger har all ære av et meget vellykket møte.

Terje Lund.

HEWLETT-PACKARD PRISEN BLIR UTDELT AV EPS

Tre sovjetiske og en fransk fysiker er blitt tildelt HEWLETT-PACKARD prisen for 1975 for sin innsats innenfor faststoff-fysikken. Disse fire er: V. S. Bagaev, L. V. Keldysh, J. E. Pokrovsky og M. Voos. Alle sammen har ytt sitt bidrag til oppdagelsen av at eksitoner kan kondensere. Eksitoner er spesielle krystallfeil som oppstår når elektroner og positive hull i krystaller danner atomliknende konfigurasjoner. Hvis slike eksitoner blir dannet i tilstrekkelig store mengder i silicium-krystaller ble det forutsagt teoretisk at de skulle kondensere ut som når regndråper faller ut av skyer. Prisvinnerne har observerte slike «dråper» i halvlederkrystaller, og de har derved åpnet for nye anvendelsesmuligheter av disse materialene.

O. St.

NYTT TILTAK FRA EPS

Europeisk Fysisk Selskap vil snart sette i gang et nytt tiltak for å styrke europeisk fysikk og øke samarbeidet og kommunikasjonen mellom europeiske fysikere. EPS vil seinere i år gi ut et nytt tidsskrift med navnet Europhysics Conference Abstracts. Som navnet forteller vil det først og fremst inneholde sammendrag av foredrag holdt på møter organisert av Selskapet, men det er også meningen å gå videre og få med referater fra andre møter som får støtte og godkjenning av EPS. De første numrene vil bl. a. inneholde referat fra møtet om faststoff-fenomener under høyt trykk (Belgia Sept. 1975) og møtet om «Energi og Fysikk» (Romania, Sept. 1975). Tidsskriftet kan bestilles fra EPS og koster SF 175,– for den første serien som dekker syv møter.

O. St.

Bøker

PSSC – FYSIKK – International Edition. Del 3 – Elektrisitetslære. Universitetsforlaget 1974. 252 sider. Pris innbundet kr. 48,–.

Denne boken danner del 3 av et verk som i alt består av 4 deler: Optikk, Mekanikk, Elektrisitetslære og Kvantefysikk. Optikk- og mekanikk-bindet er tidligere anmeldt i FFV (Nr. 4, 1974 side 82, ...). Dette bindet består av 9 kapitler, av disse fantes 6 i den første utgaven, men er nå noe endret. Kapitlene om *Relativitetsteori, Vekselstrøm og elektronikk* og *Elektriske målemetoder* er nye. Boken holder samme høye standard som de to første bindene. Jeg har bare innvendinger av formell natur, tilsvarende de som tidligere er omtalt. Slik at det ikke er grunn til å se på dette i detalj. Det er blitt syndet mere mot det formelle i oppgavene enn i selve teksten. I oppgave 25–19 side 101 f. eks. står det: «En motstand på 1000 000 Ω ...». I samme oppgave brukes i begynnelsen den greske bokstav Ω, ikke desto mindre står det senere i oppgaven: Mohm.

Boken er oversatt (fra svensk?) av Sigurd Stensholt, mens Svein Grønmo har bearbeidet øvingsoppgavene.

K. J. Knutsen.

DEN NEDERLANDSK-NORSKE REAKTORSKOLEN

Institutt for Atomenergi - Kjeller

KURS I MATEMATISKE MODELLER FOR SIMULERING AV INDUSTRIELLE PROSESSER

14/3 — 19/3 1976

Kurset tar sikte på å gi deltagerne økt kjennskap til bruk av matematiske modeller ved beskrivelse av industrielle prosesser, valg av numeriske løsningsmetoder og bruk av datamaskinprogram fro prosess-simulering. Øvelsene vil bli valgt fra industrielle prosesser og fra oljereservoir teknikk. Det vil bli anledning til øvelseskjøring fra terminal på vårt Control Data Cyber-74 dataanlegg. Kurset egner seg for cand.real./siviling./ingeniører med praksis fra prosessindustri eller industriell utviklingsavdeling. Kurset vil bli holdt på Bardøla Høyfjellshotell, Geilo.

KURS I SANNTIDSANVENDELSE AV DATAMASKIN I PROSESS-STYRING OG DATAINNSAMLING

3/5 — 7/5 1976

Kurset tar sikte på å gi deltagerne en grundig innføring i bruk av datamaskiner i prosess-styring og datainnsamling. Kurset vil behandle: reguleringsteori; prosesskommunikasjon; operativsystemer; sanntidsprogrammering; mann-maskin kommunikasjon. Det vil bli lagt stor vekt på øvelser. Øvelsene vil foregå på en NORD-10 datamaskin med operativsystemet SINTRAN III. Kurset er beregnet for cand.real./siviling./ingeniører med praksis fra prosessindustri eller industriell utviklingsavdeling. Kurset vil bli holdt ved Institutt for Atomenergi, Halden.

KURS I BRUKEN AV NEUTRONDIFFRAKSJON I FASTE STOFFERS FYSIKK OG KJEMI

31/5 — 4/6 1976

Kurset tar sikte på å gjøre deltagerne kjent med bruken av instrumentene ved reaktoren JEEP II og deres viktigste anvendelsesområder i fysikk og kjemi. Det vil bli holdt forlesninger som gir den nødvendige teoretiske bakgrunn, og en praktisk veiledning i bruken av instrumentene og i behandlingen av de innsamlede data. Det vil bli anledning til å utføre eksperimenter ved følgende instrumenter: pulverdiffraktometer; firesirkeldiffraktometer; treaksespektrometer; flygetidsspektometer. Kurset er beregnet på forskere og stipendiater ved universiteter og forskningsinstitusjoner i Norge. Kurset vil bli holdt ved Reaktorskolen, Institutt for Atomenergi, Kjeller.

Nærmere opplysninger og søknadsskjemaer fås ved henvendelse til
Kurssekretær Gerd Jarrett
Den nederlandsk-norske reaktorskolen
Institutt for Atomenergi
Boks 40, 2007 Kjeller **Telefon (02) 71 25 60**

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim — NTH

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dr. philos. Tormod Riste, Inst. for Atomenergi, Kjeller.

Styre: Professor dr. philos. Arnfinn Graue, Universitetet i Bergen.
Amanuensis Ove Bratteng, Universitetet i Tromsø.
Dosent dr. philos. Thormod Henriksen, Universitetet i Oslo, Blindern.
Dosent Ivar Svare, Ph.D., Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.

Selskapets sekretær: Gerd Jarrett, Nøytronfysikkavdelingen, Institutt for Atomenergi, Boks 40, 2007 Kjeller.

Postgirokonto: 88388 Bankgirokonto: 5102.20.16001

Fra Fysikkens Verden

Redaktør:
Professor dr. techn. Haakon Olsen, Universitetet i Trondheim, Norges Lærerhøgskole.
Redaksjonssekretær:
Lab.ing. Halvard Torgersen, Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.
Redaksjonskomité:
Lektor K. Jostein Knutsen
Luftkrigsskolen, Trondheim.
Universitetslektor Wilhelm Løchstøer, Universitetet i Oslo, Blindern.
Forsker, cand. real. Olav Steinsvoll, Institutt for Atomenergi, Kjeller.
Dosent Leif Owren, Ph.D., Univ. i Bergen.
Fagsekretær Helge Klemsdal, Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN Genéve.

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 20,00. Årsabonnement for studenter og skoleelever kr. 15,00.

Sekretær: Gudrun Græsmann.
Ekspedisjonens adresse: Fra Fysikkens Verden, Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim, Norges lærerhøgskole, 7000 Trondheim.

Postgirokonto: 10472 Bankgirokonto: 8601 236545

Strømmålere under utsetting utenfor kysten av Oregon State, USA

RECORDING CURRENT METERS
for ocean currents down to 5000 meters depth.

TEMPERATURE PROFILE RECORDERS
for recording vertical temperature profiles in the sea.

CLIMATOLOGICAL RECORDING STATIONS
Land-based or mounted on buoys.

WATER HEIGHT GAUGES
based on recording hydrostatic pressure.

TAPE READERS for reading magnetic tape from the above instruments.

AANDERAA INSTRUMENTS

DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

FANAVEIEN 13
5050 NESTTUN
NORWAY
TEL.: BERGEN (05) 27 40 30
CABLE HELICON

Aktietrykkeriet Trondhjem