Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Solidaritet med fysikere i Argentina 1

Fysikermøtet og årsmøtet i NFS 2

Rettelser 2

Lagring og behandling av radioaktivt avfall 3

Kurs i miljøfysikk 4

Biofysiske anvendelser av fluorescens- og fosforescensspektroskopi 5

Hydrider til lagring av energi 17

Solstråling ved jordoverflaten 19

Bøker 4, 16, 18

Solidaritet med fysikere i Argentina

(Se opprop side 2.)

Nr. 1 - 1978

40. årgang

ISSN-0015-9247

DEN NEDERLANDSK-NORSKE REAKTORSKOLEN

Institutt for Atomenergi, Kjeller

KURS VÅREN 1978

ISOTOPANVENDELSER

24/4–28/4 Kurs i målemetoder for radioaktivitet

DATABEHANDLING

6/3–10/3 PASCAL
24/4–28/4 Videregående programmeringsmetodikk i FORTRAN
8/5– 9/5 INTERCOM
10/5–11/5 NOS/BE, operasjonssystem for Control Data CYBER 74
22/5–26/5 Brukerkurs for NORD-10
29/5– 2/6 Filbehandling
5/6– 6/6 UPDATE

ANDRE KURS

4/9– 8/9 International Symposium on «Technological Status and Perspectives for Renewable Energy Sources in North Western Europe.

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

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Redaktør: OLAV STEINSVOLL
Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

Nr. 4 - 1978
40. årgang
ISSN-0015-9247

Solidaritet med fysikere i Argentina.

Tildeling av fredsprisen for 1977 til Amnesty International har møtt kritikk fra flere søramerikanske stater. Uruguays utenriksminister rettet skarp kritikk mot pristildelingen og betegnet det som en smakløs vits at Amnesty International hadde fått prisen. Den brasilianske avisen Jornal do Brasil kunne opplyse at bare et fåtall i landet i det hele tatt hadde hørt om Amnesty Inernational til tross for at organisasjonen ofte har rettet skarp kritikk mot forholdene i Brasil. (Arbeiderbladet 13.10.77).

Den negative holdning hos de søramerikanske militærregimene har sine klare årsaker. Gjennom en årrekke har Amnesty International påvist omfattende bruk av vold og annen tortur mot grupper og enkeltmennesker i disse landene. At mennesker forsvinner, blir fengslet uten tiltale eller rettsak og andre systematiske brudd på menneskerettighetene har blitt en vanlig foreteelse. Slike nyheter ser vi ofte i avisene.

Enkeltmennesket blir imidlertid ofte borte i reportasjene. Størst oppmerksomhet får offentlig kjente personer, mens flertallet fort blir glemt. Nettopp derfor er det viktig å vise solidaritet med grupper man føler seg knyttet til, slik vitenskapsfolk i USA gjorde da de inviterte den argentiske fysikeren Maximo Pedro Victora for å fortelle om de overgrep han og hans kolleger hadde vært utsatt for. (Physics Today august 1977)

Victoria ble sammen med andre ansatte ved den argentiske Atomenergikommisjonen arrestert kort tid etter militærkuppet i mars 1976. Arrestasjonene var en følge av uoverensstemmelser med offiseren som hadde tatt over ledelsen av kommisjonen.

I den tiden Victoria var arrestert satt han i forskjellige fengsler, lengst tid i Villa Devoto i Buenos Aires. I september samme år ble han sammen med ca 50 andre politiske fanger overført til fengslet Sierra Chica. Under transporten ble både han og medfanger utsatt for tortur. Selv ble han slått slik at han mistet flere tenner og fikk en alvorlig øyeskade. Ved ankomsten til Sierra Chica ble de tvunget til å skrive under på at skadene var selvforskyldte. De som nektet ble utsatt for videre tortur. I oktober 1976 ble Victoria sammen med andre medlemmer

LISTE OVER FYSIKERE SOM ER RAPPORTERT FORSVUNNET

Navn	Forsvunnet siden	Andre opplysninger
ALVARES ROJAS, Federico	1. oktober 1976	Fysiker ved Den argentinske atomenergikommisjonen.
ALVO DE LABORDE, Adriano Lelia	4. februar 1977	29 år, professor i fysikk ved Det naturvitenskapelige universitet i La Plata, medlem av nasjonalrådet for vitenskapelig og teknisk forskning. Hun var gravid i 8. måned da hun ble bortført.
ARDITO, Roberto	10. oktober 1976	Elektroingeniør ved Den argentinske atomenergikommisjonen. Bortført sammen med kone og barn.
DIEGO, Ana Teresa	30. september 1976	31 år, astronom ved Instituto de Astronomia y Fisica ved universitetet i Cordoba.
LUDEN, Federico	november/desember 1976	34 år, professor i fysikk. Da han forsvant arbeidet han ved La Plata observatoriet på et prosjekt i samarbeid med det statlige oljeselskapet.
MISETICH, Antonio	19. april 1976	Fysiker ved Den argentiske atomenergikommisjonen.
PERNAS, Graciela	november 1976	21 år, realfagstudent.
RUS, Daniel	15. juli 1977	24 år, fysikkstudent.

av Atomenergikommisjonen løslatt. Det er en almen oppfatning at løslatelsen skyldtes påtrykk fra kolleger i andre land.

Dette viser hvor viktig det er med en våken internasjonal opinion. Selv makthavere i diktaturstater må ta hensyn til sitt internasjonale omdømme.

Brudd på menneskerettighetene forekommer som kjent i mange land. Med bakgrunn i Victoriasaken vil vi her rette oppmerksomheten mot forholdene i Argentina. I Amnesty Internationals rapport av 21. september 1977 er oppført navn på 8 fysikere som er meldt savnet etter militærkuppet i mars 1976. (Se nedenforstående navneliste).

Vi oppfordrer derfor norske fysikere til å vise solidaritet med sine argentiske kolleger gjennom å henvende seg til de argentinske myndigheter for å få klarlagt hva som har skjedd med de fysikerne som her er navngitt.

Amnesty International anbefaler at appellene sendes til:
Exelentisimo General Jorge Rafael Videla Presidente de la Republica Argentina, Casa Rosada, Buenos Aires, Argentina. Og til:
Doctor Juan Jose Catalan, Ministro de Education, Ministerio de Education, Cordoba 831, Buenos Aires, Argentina.

Fysikermøtet og årsmøtet Norsk Fysisk Selskap 1977

Fysikermøtet blir i år arrangert av Fysisk Institutt ved Universitetet i Oslo i tiden 14.—16. juni. Møtet er lagt til Kjemibygningen, hvor det er gode auditorieforhold og pauseareal.

Møtets samfunnsorienterte del er viet problematikken omkring risiko og sikkerhet. Hensikten er bl.a. at fysikerne skal bli kjent med problemstillinger, forskningsoppgaver og opplæringsbehov på dette felt. Disse emner tas opp første formiddag. Om ettermiddagen arrangeres en ekskursjon til Det Norske Veritas som har opparbeidet atskillig ekspertise på dette område. Det er meningen at vi skal innta Veritas fra sjøsiden, slik at ekskursjonen også får et visst sosialt preg. Senere på kvelden vil det bli et uformelt sosialt/kulturelt program.

Møtets to siste dager vil bli viet oversiktsforedrag i plenum om nyvinninger på flere felter av fysikken og kortere faglige foredrag og rapporter i parallellsesjoner. Det er for tidlig å annonsere programmet, idet de fleste foredragsholdere ennå ikke har svart, men det kan sies at vi har forsøkt å legge opp et program med en viss bredde og aktualitet. Et mer detaljert program vil bli distribuert så snart det foreligger. Vi vil gjerne oppfordre til at parallellsesjonene blir utnyttet av deltagerne til utveksling av forskningserfaringer og -resultater. Slike foredrag kan anmeldes på påmeldingsskjemaet i dette heftet.

Siden det norske medlemsskap i CERN er oppe til revurdering i inneværende år, har vi lagt opp til en bred paneldebatt om vårt engasjement i CERN, der både politikere og forskere blir representert. Denne vil finne sted etter lunsj annen dag, og vil etterfølges av årsmøtet i NFS. Samme kveld arrangeres møtets festmiddag.

Arrangørene håper på bredest mulig kontakt mellom møtedeltagerne, og har derfor lagt opp til felles lunsj, som vi oppfordrer flest mulig å melde seg på til.

Vi har reservert rom på Nord-Norsk Student- og Elevhjem. Romtyper og priser er gitt på påmeldingsskjemaet. Vi regner med at de som ønsker annen innkvartering ordner dette selv.

Påmeldingsfristen er som vanlig 1. mai, og vi ber om at denne blir respektert. Registreringsavgiften på kr. 100,- vil bare bli innkrevet av dem som får den dekket av sine institusjoner.

Forespørsler og gode råd rettes til E. Osnes, Fysisk Institutt, Boks 1048 Blindern, Oslo 3; tlf. (02) 466800/9476 el. 9428.

Tilreisende kan få konferansemoderasjon hos NSB. Konferansebevis kan fås ved henvendelse til arrangementskomiteen.

Påmeldingsskjema finnes midt i dette heftet.

Rettelser:

I artikkelen av E. Hiis Hauge: Wilson i tresko (Fra Fysikkens Verden, hefte 4/77, s.88 ff) er det dessverre blitt en del trykkfeil. Vi ber leserne foreta disse rettelsene: I avsnitt «Bakgrunn» 5. linje skal det de tre kryssene fjernes. Den 8. linje skal lyde: «samme veg. Med andre ord, en ferromagnetisk ord-». I formel (1) skal de to «o» rettes til «0», og β skal være eksponent (flyttes litt opp). I formel (2) skal «—» rettes til «=». I avsnitt «Transformasjonen» skal det i formel (3) stå klammer {} om «s» under summasjonstegnet. I den følgende setning skal «K» rettes til «k». I formel (4) skal det som i (3) stå klammer under summasjonstegnene. I 4.siste linje skal «I» være kursiv. I avsnitt «Fikspunktet» skal i 13. linje «K_B» rettes til «k_B». I avsnitt «De kritiske indeksene» er indekstallene «$_1$» og «$_2$» for «u» kommet litt langt ned. I linjen under rettes «K^*» til «$K_1{}^*$». I formel (5) og (6) er streken i brøken falt bort. Siste linje i dette avsnittet skal lyde: «relevante egenverdiene λ_t og λ_h». I avsnittet «Perspektiver» skal det i 10. og 11. linje stå: «Wilsonteorien brukes til å utlede både Widom-homogenitet (2) og tilhørende korreksjoner.». I avsnitt «Oversiktsartikler og bøker» skal referanser 1 og 2 skrives med samme typer som 3...5.

I artikkelen av J. Rekstad: Måling av små grunnstoffmengder ved ione-indusert røntgenfluorscens (s.75 ff) skal det i 3. siste linje sp. 1, s. 76 stå «σ_i^{emis}», og i 17. linje sp. 1, a. 78 stå «20 $\mu g/cm^2$.». Videre skal i avsnitt «Måleprinsippet» 1. og 2. linje ikke skrives med kursiv.

H. Torgersen.

MERK!

PÅ grunn av kollisjon med CERN-komiteens møte blir Fysikermøtet 1978 flyttet til dagene

14. — 16. juni.

Om lagring og behandling av radioaktivt avfall faglege vurderingar av problemet

T. Riste

Problemet om lagring og behandling av radioaktivt avfall har både ei fagleg (teknisk) og ei politisk side. Fysikarar og andre fagfolk har ei viktig rolle når det gjeld å spreie kunnskap om den tekniske delen. Dessverre har dei hatt vanskeleg for å skilje dei to sidene av problemet, ofte med det resultat at tilliten til fagleg ekspertise blir uthola.

Det fins greie, uskrivne etiske reglar for korleis vi som *fagfolk* bør spreie kunnskap om avfallsproblemet: 1. Vi skal sitere faglitteraturen. 2. Sit vi inne med kunnskapar som går mot det som tidlegare er publisert, må vi først publisere dei i faglitteraturen og få dei prøvde og drøfta av fagkollegar før vi går til det usakkyndige publikum.

Professor B. L. Cohen frå Pittsburgh-universitetet har nyleg publisert ein stor artikkel om avfallsproblemet (Rev. Mod. Phys. **49** (1977)1). Alle som kjenner "referee"-systemet og dei krav slike tidsskrift stiller til fagleg kvalitet vil måtte ta dette arbeidet alvorleg. Eg skal nedanfor gje att dei viktigaste resultata Cohen har kome til og dei merknader som er komne i "Physics Today".

Det andre arbeidet eg skal sitere frå er ein rapport om "Nuclear Fuel and Waste Management". Denne rapporten er utarbeidd av ei ekspertgruppe på 12 mann, oppnemnd av American Physical Sosiety (APS) og granska av ei APS-nemnd før den vart frigjeven. Det er grunn til å legge særleg vekt på ein slik gruppestudie. APS har fått stor respekt etter tre tidlegare rapportar om problem innanfor energisektoren.

B. L. Cohen tar for seg avfallet frå ein trykkvass-reaktor, avfallet er innestøypt i glas og lagra i kapslar i fjell. Han tar det pessimistiske utgangspunktet at alle kunstige barrierer (glas, kapsel osv) straks blir brotne slik at avfallet blir laka ut av vassførande årar og ført mot overflata. Det fins geologiske data om hydrauliske gradientar, diffusjonskonstantar osv. og Cohen reknar ut at avfallet treng minst 10^4 - 10^5 år for å nå overflata etter deponering på 600 m djup. Dermed er det berre dei langliva transurane elementa Am, Pu og Ra som det må takast omsyn til og desse når ikkje overflata før etter 10^6 år pga. forseinkande jonebyttingsprosessar. Etter den tid er Ra^{226} det dominerande problemet. Ein kjenner den totale naturlege mengda av Ra^{226} i det øvre 600-meter laget i USA. Likeeins kjenner ein den mengde radium som er frigjort frå fjellet og den brøkdelen som så å seie blir lagra i det amerikanske folket. Dette reknar han totalt fører til 12 kreft-dødsfall pr. år. Med eit fullt utbygd kjernekraftsystem for USA reknar han på same måten ut 0.4 kreft-dødsfall totalt i løpet av dei første 10^6 år p.g.a. Ra^{226}.

For å finne nettotalet på krefttilfelle må ein ta omsyn til at det uranet som blir brent i ein reaktor elles ville forfalle naturleg og produsere naturleg radon. Andre har rekna ut at naturleg radon er årsak til 1200 dødsfall pr. år i USA. Cohen reknar då ut at forbrenninga av uran i amerikanske reaktorar vil spare 300 liv dei første 10^6 år pga. reduksjon i naturleg aktivitet. Dette at uran, urørt i naturen, på lang sikt er farlegare enn det avfallet det produserer er i grunnen enkel fysikk. Ein urankjerne vil ved naturleg forfall emittere åtte α-partiklar. Ved fisjon av ein urankjerne vil dei to nye kjernene emittere β og γ og berre ein liten del av denne aktiviteten er att når brenselet blir teke ut av reaktoren.

Cohen tar også for seg problemet om geologisk kontroll av lagringsstaden. Intresserte kan finne dette i orginalrapporten, ein del er også nemnt i eit samandrag i Physics Today (Januar 1976).

Det er lett å argumentere mot Cohan med at han er kjernekrafttilhengar. Dette blir også gjort. Men overslaga og resultata hans er greitt framstilte og opne for fagleg kritikk. I Physics Today (november 1976) er det samla kritiske merknader frå fleire fagfolk. Dei mest interessante av desse er kanskje gjort av R. O. Pohl som stiller spørsmål om den geologiske kvaliteten på lagringsplassen etter at den er bygd, om det lagra avfallet oppfører seg som anna bergmineral, og om kva verknad den utvikla varmen har på dei mekaniske og hydrologiske prosessane. Igjen vil eg råde interesserte til å lese Cohen's svar

12-manns komitéen til APS hadde som oppgåve å gje ei uavhengig vurdering av dei tekniske problema knytte til bruken av fisjonsmaterial i kjernebrenselssyklusen. Dette er altså ei langt vidare oppgåve enn den Cohen tok for seg. Rapporten vil bli publisert i haust, her skal vi berre gje att nokre av hovedkonklusjonane og tilrådingane som vart lagde fram på eit APS-møte i april 1977. Dei er trykte i Phusics Today, juli 1977.

Om reprosessering seier komitéen at det finst eit godt teknisk grunnlag når det gjeld uranelement frå lettvass-reaktorar, men for element av blanda uranplutonium-oksyd er teknikken enno ikkje fullt

utvikla. Fabrikasjon av slike oksyd-element går derimot utan vanske i laboratorie-skala. Reprosessering av brukt brensel frå avlsreaktorar (breeders) er ein lite utvikla teknikk.

Komitéen rår til at dei reprosesseringsanlegg som eksisterer i USA blir fullførde og utnytta for å vinne erfaring, og at refabrikasjonsanlegg blir bygde med same føremål, dersom landet skal gå inn for eit kjernekraftprogram. Dette er i strid med president Carters politiske handlingsprogram.

Om lagring av avfall seier komitéen: "Vi ventar at lagringsplassar kan finnast i saltleie med høveleg hydrogeologi. Visse andre bergarter, særlig granitt og kanskje skifer, kunne gje endå større langsiktige føremoner". Særleg viktig er det å arbeide vidare med problema om strøyming av grunnvatn og massetransport der ein enno ikkje har tilstrekkelege data. Men gruppa ser ingen *tekniske* hindringar for utprøving av teknologien for konsentrering, kapsling, transport og plassering av høgaktivt avfall. Når det gjeld brukt brensel "finst det sikre, midlertidige forvaringsplassar og geologisk forvaring kunne halde fram i det uendelege".

Det var ikkje komitéen si oppgåve å sjå på dei innfløkte politiske og admin strative problema som gjeld ei trygg forvaring av fisjonsmaterial i nasjonal og internasjonal skala, men dei vurderte dette problemet reint teknisk. Dei påviser tekniske åtgjerder som kan forbetre tryggleiken, m. a. isotopfortynning og utarming av materialet. Dei seier at brenselssyklusen med svakt anrika uran som no er i bruk ikkje representerer ein stor risiko, men at reprosessering og bruk av plutonium ville forandre denne situasjonen. Av konklusjonane elles nemner vi den at den uvissa som enno rår om lagring av radioaktivt avfall ikkje rettferdiggjer eit moratorium for bygging og linsensiering av nye reaktorar, og at reprosessering er "ikkje eit essensielt steg i behandling av avfall, men heller eit middel til å forlenge brenselsressursane.".

T. Riste

BØKER

G. Meier, E. Sackmann, J.G. Grabmaier: Applications of Liquid Crystals. Springer-Verlag, Berlin 1975, 164 sider. Pris innb. DM 56.

Denne boken har til hensikt å gi en oversikt over teorien for væskekrystallene og videre gi en innsikt i mulige tekniske og medisinske anvendelser. Boken er rettet mot fysikere, kjemikere og industriens folk.

Den er delt inn i tre deler, hvor det første kapitlet omhandler de fysikalske egenskapene til væskekrystallene og er skrevet av G. Meier. E. Sackmann har skrevet det andre kapitlet som er om vitenskapelige anvendelser, og det tredje kapitlet er skrevet av J.G. Grabmaier og han omtaler de medisinske og tekniske anvendelsene.

Begrepet (Liquid Crystals) flytende krystaller eller væskekrystaller ble først brukt av O. Lehmann i 1880, slik at forskningen i stoffenes væskekrystall-egenskaper har pågått i omlag 80 år. Men det er først i de siste 10-15 årene forskningen har skutt fart, og det er nå et av de hurtigst voksende felter.

Årsaken til det er selvsagt de nærmeste uendelige anvendelsesmuligeter disse stoffene har.

Det første kapitlet på 20 sider omhandler hovedtrekkene i teorien. Som en oversiktsartikkel må den få betegnelsen god, selv om den muligens vil virke tung for førstegangslesere i feltet.

Det neste kapitlet er svært kjemisk lagt opp og rettet mot spektroskopister. NMR-metoder med væskekrystaller er en viktig del av dette kapitlet.

En væskekrystall er et utmerket oppløsningsmiddel for organiske molekyler. Slike gjestemolekyler kan blandes med væskekrystallene i forholdvis stor konsentrasjon uten at krystallenes orden ødelegges. De molekylære egenskapene til gjestemolekylet blir heller ikke vesentlig forandret av de svake intermolekylære kreftene. Således vil gjestemolekylene oppføre seg som en «orientert gass», og danner et gunstig utgangspunkt for spektroskopiske studier av anisotrope molekylære egenskaper. NMR-målinger med organiske molekyler oppløst i væskekrystaller kan bl.a. gi informasjon om koblingskonstanter og geometrisk oppbygning av gjestemolekylet.

Det siste kapitlet tar for seg en lang rekke interessante medisinske og tekniske anvendelser av væskekrystallene. Flere av de medisinske anvendelsene baserer seg på den sterke temperaturfølsomheten til de kolesteriske krystallene. En temperaturforskjell på 3°C kan føre til at fargen skifter fra rødt over hele det synlige området til blått. Ved hjelp av fargen på krystallen, finner en temperaturen. Dette er for eksempel tatt i bruk ved kreftbehandlinger. Den del av kroppen som mistenkes for å være angrepet av kreft, dekkes med en væskekrystall, og den kreftsyke delen avsløres på fargen, da en kreftcelle har høyere temperatur enn de friske omkringliggende cellene.

Boken tar for seg bruk av væskekrystaller i displayteknikken. Dette avsnittet er godt og fyldig. En display av væskekrystaller sender ikke selv ut lys, men reflekterer innfallende lys. Energiforbruket er derfor svært lite, omlag 1 mW/cm^2 eller mindre. Selv om en er kommet langt i dette feltet, arbeides det intenst med å bedre temperaturområdet for krystallene, de elektro-optiske egen-

(forts. side 18)

KURS I MILJØFYSIKK

Statens Lærerkurs og Fysisk institutt, NLHT, Universitetet i Trondheim, vil gi et *kurs i miljøfysikk med hovedtema energi og kjernekraft* og rettet til lærere i fysikk i ungdomsskolen og videregående skoler. Kurssted blir Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim og med forbehold om endring har kurstiden blitt bestemt til 7.-12. august 1978. Opplysninger og påmelding (før 1. juni): Sekretæren, Fysisk institutt, NLHT, Universitetet i Trondheim.

Biofysiske anvendelser av flyorescens- og fosforescensspektroskopi

Johan Moan *

Når lys absorberes av stoff, vil i visse tilfeller den energien som absorberes, gå over i varme. I andre tilfeller kan en del av den absorberte energien gå med til å sette kjemiske reaksjoner i gang. Men under visse betingelser kan også en del av den absorberte energien sendes ut som lys. Dette lyset, som vi kaller luminescens, har vel vært iakttatt i uminnelige tider. Jeg tenker da på den luminescensen som sollys kan indusere i en rekke organiske stoffer som finnes i naturen, eller på såkalt bioluminescens. Figur 1 viser eksempler på bioluminescens fra levende organismer. Dette hadde steinaldermannen vel så gode muligheter for å studere som vi, når han stakk hodet ut av hulen sin i mørke kvelder. Men noen forståelse av luminescensens natur hadde han ikke. Først i dette århundre, etter utviklingen av kvantefysikken, begynte en å skjønne noe av mekanismene for luminescens.

Totalenergien til et molekyl består av tre ledd: ett tilsvarende elektronenergi, ett tilsvarende vibrasjonsenergi og ett tilsvarende rotasjonsenergi (Fig. 2). Det elektroniske leddet skyldes den energien elektronene i molekylet tilsammen representerer i de orbitaler de befinner seg i. Vibrasjonsleddet skyldes at atomene i molekylet kan vibrere om sine likevektsposisjoner omlag som harmoniske oscillatorer. Rotasjonsnivåene ligger vanligvis så tett at de ikke oppløses i luminescensspektroskopien.

Hver elektronbane i et molekyl i grunntilstanden inneholder i de fleste tilfeller to elektroner, og disse må ifølge Pauliprinsippet ha motsatt rettet spinn. Derved forstår en at de fleste molekyler er diamagnetiske i grunntilstanden. Denne tilstanden har totalt elektronspinn lik 0, og kalles en singletttilstand: S_0. Men hvis ett av elektronene eksiteres opp i en bane som tilsvarer høyere energi, kan det innta parallelt spinn med det gjenværende elektronet i det orbitalet det kom fra. Derved blir molekylet paramagnetisk, det totale elektronspinn er 1, og en sier at molekylet er i en triplett-tilstand, som betegnes med T.

Energinivåene og overgangene mellom disse illustreres ofte med såkalte Jablonski-diagrammer, som Fig. 3 er et eksempel på. La oss i henhold til denne figuren følge de veier er gitt eksitasjonsenergi kan ta. Vi vil i det følgende bare betrakte molekyler i flytende eller frosset løsning, siden dette er mest relevant med henblikk på biofysiske anvendelser. La oss si vi eksiterer molekylet opp i 2. vibrasjonsnivå av 2. eksiterte singlett-tilstand S_2. Vibrasjonsfrekvensen for atomene i molekylene er 10^{13} — 10^{14} Hertz. I løpet av 10^{-11} til 10^{-13} sekunder vil molekylet ha kvittet seg med vibrasjonsenergien ved vekselvirkninger med omgivelsene og nådd 0-te vibrasjonsnivå av S_2. Fra denne tilstanden kan det dannes en såkalt CTTS-tilstand, en «charge transfer to the solvent» -tilstand. I en CTTS-tilstand er det eksiterte elektronet sterkt delokalisert, og en slik tilstand kan ofte være forløperen for en jonisasjonsprosess. Den mest sannsynlige overgang fra S_2 er imidlertid strålingsfri overgang ned til laveste eksiterte singlett-tilstand, S_1. Levetiden for denne tilstanden er 10^{-8} — 10^{-9} sekunder. At levetiden er så lang, skyldes at energispranget er stort ned til S_0, og dermed overlappingen av vibrasjonsbølgefunksjoner liten. Overgang med lysemisjon vil ofte finne sted. Dette er fluorescens. Overgangen fra S_1 til T_1 (laveste eksiterte triplett-tilstand) er spinnforbudt.

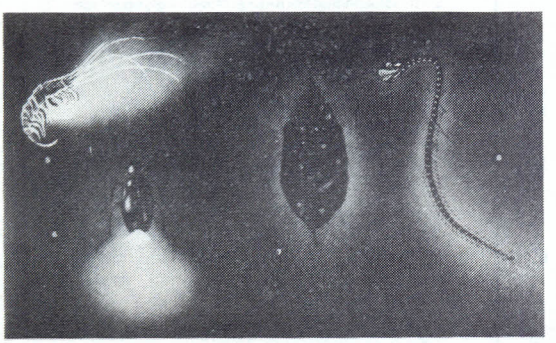


Fig. 1 Luminescens fra levende organismer. Øverst til venstre sees en dypvannsreke som sender ut et luminescerende sekret når den blir skremt. Midt på figuren sees et kaffeblad som det vokser luminescerende sopp på. (Figuren er hentet fra ref. 11.)

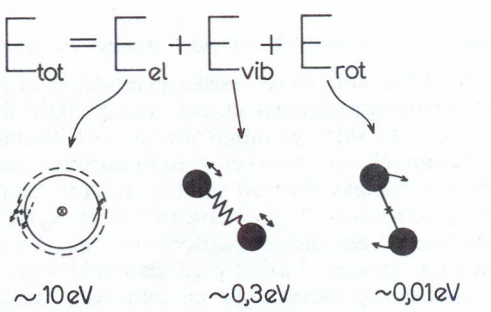


Fig. 2 Totalenergien til et molekyl kan deles opp i elektron-, vibrasjons- og rotasjons-energi.

*) Norsk Hydros Institutt for Biofysikk. Det norske radiumhospital. Montebello, Oslo 3.

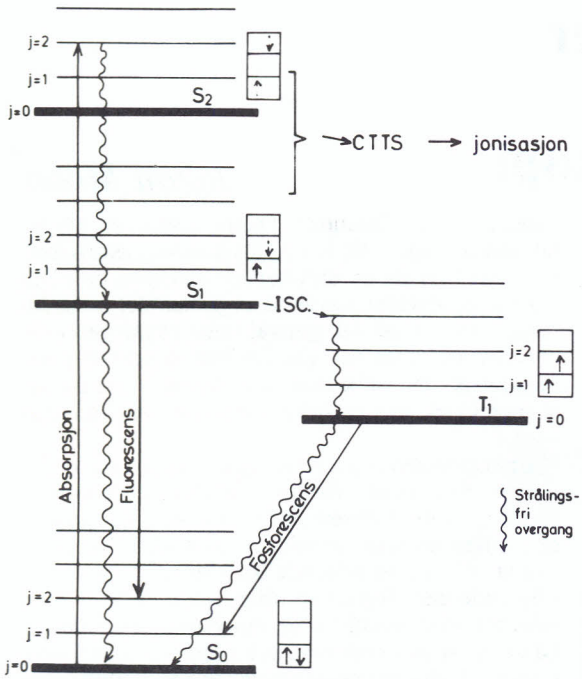


Fig. 3 Illustrasjon av energinivåer og overganger ved Jablonski-diagram.

Det er ikke noe overlapp mellom en ren singlett spinnbølgefunksjon og en ren triplett spinnbølgefunksjon. Likevel observerer en ofte slike overganger. Dette skyldes at triplett-tilstanden også har en viss singlettkarakter, som oppstår gjennom spinn-bane kopling mellom elektronets egen-spinn og dets banebevegelse. På grunn av spinnforbudt overgang til S_0 har T_1 en levetid av størrelsesorden sekunder. Den lange levetiden medfører at triplett-tilstander i flytende løsning vanligvis deaktiveres strålingsfritt ved kollisjoner og vekselvirkninger med andre molekyler. Men i frosne løsninger er vekselvirkningene med omgivelsene mindre, slik at overgang ved emisjon av stråling, fosforescens, ofte observeres. T_1, såvel som S_1, kan være utgangspunkt for fotokjemiske reaksjoner.

Omgivelsenes innvirkning på luminescensspektrene

Med henblikk på biofysiske anvendelser av luminescensspektroskopien er det særlig viktig å vite hvordan forskjellige omgivelser av det luminescerende molekylet innvirker på luminescensspekteret. Dette er forsøkt illustrert ved Fig. 4. Vi ser på overgangene mellom 0-te vibrasjonsnivå av S_0 og S_1. I gassfase vil energien for absorpsjon være lik energien for emisjon. I løsning vil dette ikke være slik. Absorpsjonsprosessen gir en endring i dipolmomentet og ladningsfordelingen, og molekylet havner i en tilstand hvor det ikke er i likevekt med omgivelsene. Etterhvert vil molekylene i løsningmidlet

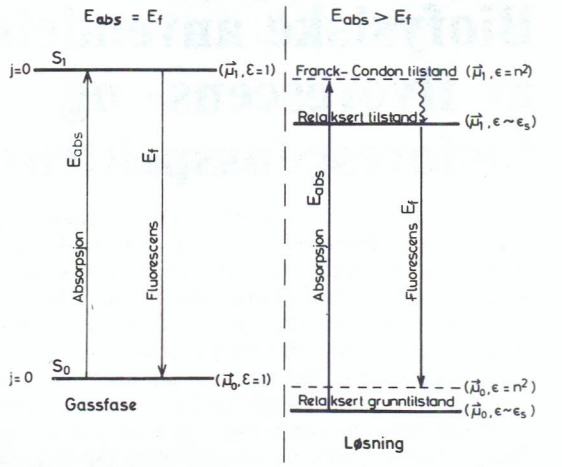


Fig. 4 Omgivelsens innvirkning på overgangsenergier, $\bar{\mu}_0$ og $\bar{\mu}_1$ står for molekylets dipolmoment henholdsvis i grunntilstanden og i den eksiterte tilstanden, ϵ er dielektrisitetskonstanten, n er brytningsindeksen. Når dipolmomentet forandres under en overgang, vil polare molekyler i omgivelsene dreie på seg og tilpasse seg det nye dipolmomentet. Derved forandres energien.

innordne seg etter den nye ladningsfordelingen, hvorved energien synker. Dette kalles solvatisering. For en overgang der dipolmomentet er størst i den eksiterte tilstand, vil dette gi en rødforskyvning av emisjonsspektret, og rødforskyvningen vil øke med økende polaritet av løsningsmidlet. Relaksasjonen skjer raskere desto mindre viskositet løsningsmidler har. I noen tilfeller vil relaksasjonen skje på samme tidsskala som fluorescensemisjonen. Da vil vi observere en tidsavhengighet av fluorescensspekteret slik Fig. 5 viser. Vi ser at det er en tydelig rødforskyvning av spektret i nanosekundområdet for dette fargestoffet i en blandig av glyserol og vann ved 3°C. Ved høyere temperatur, eller i mindre vi-

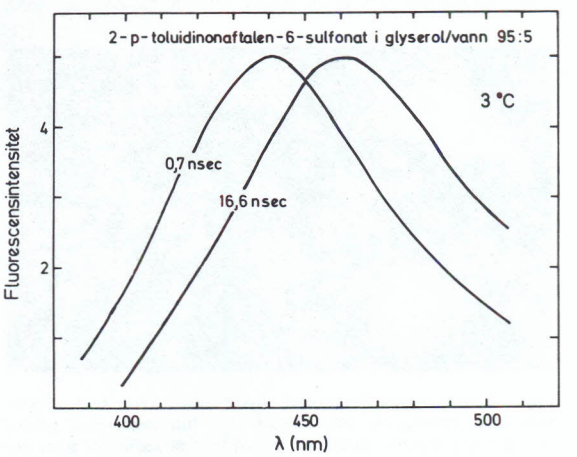


Fig. 5 Eksempel på tidsvariasjonen av et fluorescensspektrum. Rødforskyvningen skyldes at de polare løsningsmiddelmolekylene dreier på seg og tilpasser seg ladningsfordelingen i det eksiterte molekylet. (Data fra ref. 12.)

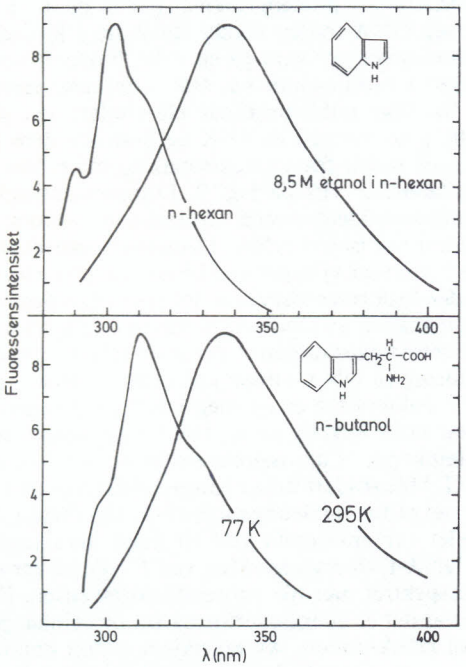


Fig. 6 Variasjon av fluorescensspektra med polaritet og temperatur av løsningsmidlet. Fluorescerende molekyler er her indole (øverst) og tryptofan (nederst) som har nær samme luminescens-egenskaper. Løsningsmidlets polaritet øker sterkt ved å tilsette etanol til n-hexan. Nedfrysning av løsningen hindrer n-butanol-molekylene, som er polare, i å dreie på seg. (Figuren er tegnet etter data fra ref. 1.)

skøse væsker så som etanol eller vann, går solvatiseringen av S_1 så fort at den har skjedd når fluorescensen sendes ut. Imidlertid viser fluorescensspektret for dette fargestoffet en tydelig rødforskyvning når det er adsorbert til proteinmolekyler ved værelsestemperatur. Sannsynligvis viser dette at området i proteinmolekylet der fargestoffmolekylet er bundet, inneholder polare molekyldeler, men at disse ikke kan bevege seg helt fritt. Denne metoden kan være nyttig til å bringe informasjon om solvatiseringsprosesser og mikroviskositet i biologiske membraner og i aktive områder av enzymer.

Solvatisering av den eksiterte tilstand forklarer også den rødforskyvning en ser i fluorescensspektret av det aromatiske molekylet indole og aminosyren tryptofan når en lar løsningsmidlets polaritet øke (Fig. 6). Ved nedfrysing av løsningen hindres løsningsmiddelmolekylene i å relaksere rundt det eksiterte molekylet. Effekten av å fryse løsningen ned er derfor den samme som å la polariteten avta, slik Fig. 6 klart demonstrerer. Vi ser også at vibrasjonsstrukturen i spektret trer klarest fram og at spektret er smalest i ikke polare løsninger og ved lav temperatur. Dette henger sammen med at rødforskyvningen ikke er helt lik for alle luminescerende molekyler, siden løsningsmiddelmolekylene rundt omkring vil være mer eller mindre tilfeldig orientert.

Struktur-analyse av proteiner

Fluorescensen fra proteiner er så å si fullstendig dominert av aminosyren tryptofan. Fig. 7 viser fluorescensspekteret fra enzymet amylase i krystallinsk form. Vi ser at spektret fra krystallinsk tryptofan er nokså forskjellig fra dette spektret.

Den framtredende strukturen i amylase-spektret, samt beliggenheten av det, viser at tryptofan sitter relativt isolert i dette proteinmolekylet, slik at vekselvirkning med omgivelsene ikke finner sted i vesentlig grad. Sannsynligvis er dette spektret nokså nært det uperturberte molekylspektret av tryptofan. Tilsettes vann, vil dette trenge inn i makromolekylet til tryptofan, strukturen i spektret utviskes og det rødforskyves. Generelt vil posisjonen av fluorescensmaksimum for tryptofan i proteiner gi beskjed om polariteten og bevegeligheten av molekylgrupper i nærheten av den luminescerende aminosyren. Derfor kan fluorescensspektrene være til god hjelp i strukturanalysen av proteiner. Et eksempel på dette er Fig. 8 som viser hvordan fluorescensspektret av enzymet trypsin rødforskyves irreversibelt i temperaturområdet mellom 50 og 60°C. Dette betyr at en strukturforandring skjer med trypsin i dette temperaturområdet.

Energioverføring mellom biomolekyler

Det finnes to mekanismer for energioverføring mellom molekyler, når en ser bort fra triviell emisjon og reabsorpsjon. Den ene mekanismen er såkalt «exchange» overføring som oppstår når et eksitert molekyl er i kontakt med et annet molekyl og overfører sin eksitasjonsenergi til dette. Den andre typen er såkalt resonansoverføring som kan skje over distanser opptil 50—100 Å.

Når en vandig løsning som inneholder adenosin

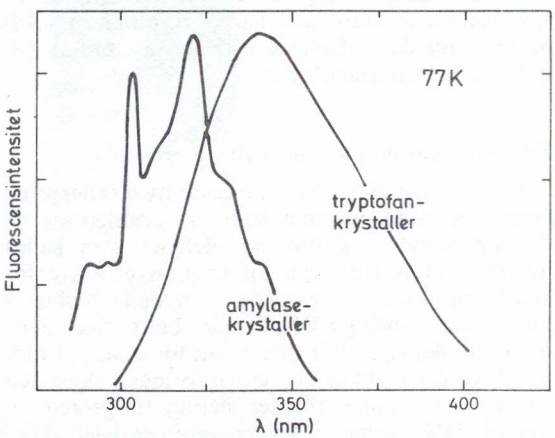


Fig. 7 Fluorescensspektrene fra amylase- og tryptofan-krystaller. Fluorescensen fra amylase stammer også fra tryptofan, men denne aminosyren sitter her åpenbart isolert, slik at omgivelsene ikke kan forårsake rødforskyvning av spektret. (Samme kilde som for fig. 6)

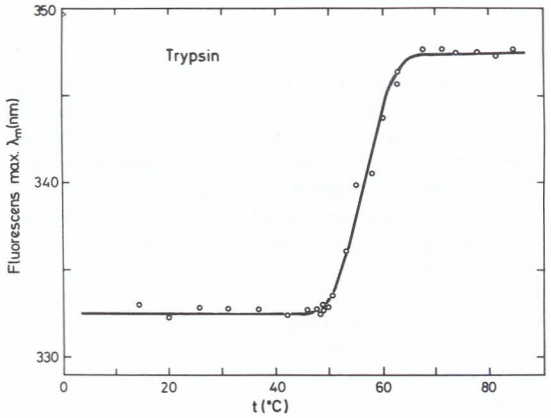


Fig. 8 Fluorescensspektret fra trypsin forskyves i et temperaturområde der det skjer en strukturforandring med molekylet. (Figuren hentet fra ref. 13.)

og tryptofan, fryses ned, viser det seg at det dannes aggregater av tryptofan- og adenosin-molekyler. Forholdene skulle da ligge til rette for exchange-overføring. Adenosin alene har lavt fosforescensutbytte (~ 0.1), mens triplett-tilstanden for tryptofan deaktiveres nesten bare ved fosforescensemisjon under disse forhold. Tryptofan er til stede i så liten konsentrasjon ($<10^{-5}$ M) at en ikke ville sett tryptofanfosforescens om en ikke hadde hatt energioverføring fra adenosin. Selv om det molare forhold mellom tryptofan og adenosin er så lite som $8 \cdot 10^{-3}$, vil en betraktelig del av fotonenergien som absorberes i adenosin, overføres til tryptofan og emitteres som fosforescens. Kvantitative studier av dette viser at hvert tryptofanmolekyl kan få energi overført fra ca. 200 adenosinmolekyler. En må da tenke seg at eksitasjonsenergien vandrer mellom adenosinmolekylene inntil den når et tryptofanmolekyl og eksiterer dette. Dette kan tenkes å være av betydning i strålingsbiologien.

Energioverføring mellom DNA og proteiner

Kromosommaterialet i alle celler med cellekjerne består av nukleoprotein som er sammensatt av DNA-molekyler og proteinmolekyler som kalles histoner. Hvis det skjer en energioverføring fra DNA- til proteinmolekylene, kan dette tenkes å virke beskyttende på DNA under bestråling, mens proteinmolekylene blir mer utsatt for skader. Imidlertid ser det ut til at energioverføringen skjer den andre veien i mange tilfeller, nemlig fra proteindelen til DNA-delen i kromosommaterialet. Forskerne Lillicrap og Fielden (se referanselisten 3—5) har gjort en rekke luminescensundersøkelser som tyder på dette. Disse er såvidt sentrale at vi skal gå litt i detalj med dem. En av de nyeste biologiske modellene for nukleoproteiner går ut på at en tenker seg DNA-tråden snodd rundt flere kjerner av proteinmolekyler som på en måte fungerer som et skjelett i kromosommaterialet. Luminescensspektret fra slike nukleohistoner ble studert ved at en kjølte prøvene ned til 93 K og bestrålte dem med 1.6 μsek pulser fra en elektronakselerator. Noen av resultatene er vist på Fig. 9. Luminescensspektret fra intakt nukleohistone er temmelig likt fosforescensspektret fra isolert DNA. Luminescensspektret fra rent histon ser vi ligger ved lavere bølgelengde, omlag der fosforescensspektret for tryptofan ligger. Siden mengden av DNA og histon er omlag som 1:3, kan dette tolkes dithen at det er en effektiv energioverføring til DNA i disse nukleoproteinene.

En bakteriofag er en meget enkel organisme og består hovedsakelig av en DNA-tråd omgitt av en proteinkappe. Luminescensen fra en slik bakteriofag (T_7) ble studert under samme betingelser som vi har nevnt for nukleohistoner (Fig. 10). Også i dette tilfellet var emisjonen ved 10 msek karakteristisk for DNA-fosforescens. Men ved 1 sekund var emisjonsspektret mer likt proteinfosforescensen. Dette viser at det er energioverføring fra proteinkappen i T_7 til DNA-tråden. Av en ukjent grunn opphører denne energioverføringen ca. 0.1 sek etter bestrålingspulsen. Hvis denne bakteriofagen inaktiveres ved oppvarming (ca. 70°C), blir emisjonsspektret også ved korte tider likt proteinfosforescensspektret (den stiplede kurven på Fig. 10). Dette viser at inaktiveringen medfører strukturforandringer i T_7 slik at energioverføring fra proteinkappen til DNA ikke lenger kan skje.

Energioverføring langs DNA-molekylet

Ved å bytte ut en del av thyminmolekylene i levende celler med 5-bromuracil kan en få cellene be-

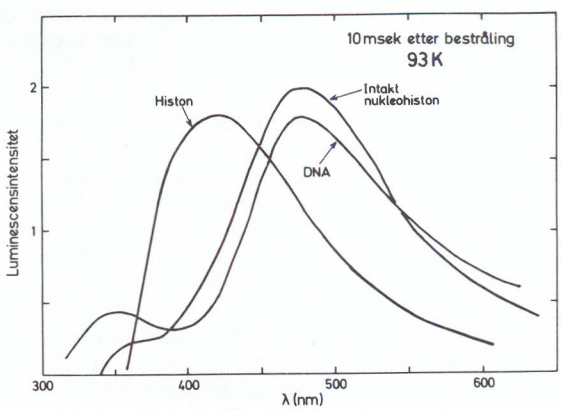


Fig. 9 Luminescensspektrene av ekstrakter fra kalvethymus. Histoner er proteinmolekyler i kromosomene. Se teksten.

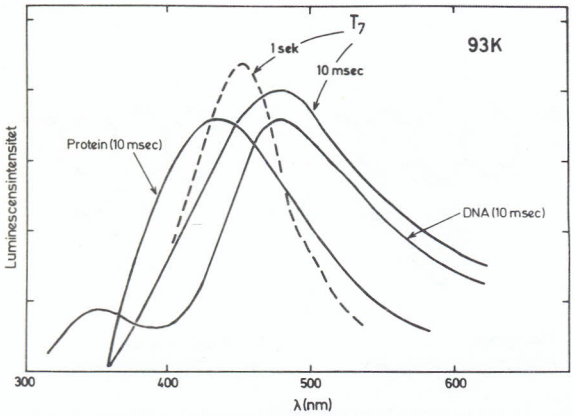


Fig. 10 Luminescensspektrum av bakteriofagen T_7, samt spektrene av bakteriofagens protein- og DNA-innhold.

traktelig mer følsomme overfor ioniserende stråling og UV lys. Det er nærliggende å undersøke om dette kan skyldes energioverføring langs DNA-molekyler. En fant at selv om bare 1.6% av thymininnholdet i DNA ble utbyttet med 5-bromuracil, så ga dette tydelig utslag i fosforescensspektret som da var nesten likt fosforecensspektret fra ren 5-bromuracil. Videre ble tidsforløpet av den induserte luminescensen undersøkt over et meget stort intensitetsområde. Fig. 11 viser en del av resultatene. Kurvene er ikke enkle å forklare. Men de er reproduserbare for samme stoff. Sannsynligvis er deres form bestemt av ladningsrekombinasjon i den molekylære strukturen. Vi ser at ved å bytte ut 1.6% av thymininnholdet med 5-bromuracil er tidsforløpet av luminescensen svært likt den en finner i ren 5-bromuracil. Dette tyder, liksom spektrene, på at det er en effektiv energioverføring til denne basen. Energien absorbert fra elektronpulsen vil opprinnelig være tilfeldig fordelt i DNA-molekylet. Fra eksperimenter som dette kan en da regne seg fram til at en betydelig del av eksitasjonsenergien må vandre ca. 100 basepar langs DNA-molekylet for å nå fram til den bromuracilbasen der emisjon kan finne sted. Det er selvsagt vanskelig å bevise at det er noen sammenheng mellom energioverføringen vi her har sett på og den radiobiologiske effekten av å inkorporere 5-bromuracil i celler. Men muligheten for dette er til stede. Bromatomet i 5-bromuracil ligger meget nær sukkerfosfatkjeden i DNA. Det er derfor ikke usannsynlig at lokalisering av en stor del av eksitasjonsenergien rundt bromatomet kan føre til trådbrudd i DNA. Under alle omstendigheter demonstrerer disse eksperimentene hvor lett energi kan vandre langs DNA-molekylet.

Energioverføring i planter under fotosyntesen

Studier av energioverføring ved luminescensmetoder har også gitt verdifulle bidrag til forståelsen av fotosyntesen. Fotosyntese foregår som kjent bare i planter som inneholder klorofyll. Som oftest absorberes den nødvendige lysenergi direkte i klorofyll. Men i noen tilfeller har det vist seg at lysenergi som absorberes i andre fargestoffer, kan overføres til klorofyll. I en blågrønnalge ved navn Chlorella overføres ca. 90% av lysenergien som absorberes i fargestoffet phycocyanin, til klorofyll. Fluorescenseffektiviteten av dette fargestoffet er ca. 20% i løsning, mens den er bare 2% *in vivo*. I løsning tapes om lag 80% av den absorberte lysenergi som varme, mens *in vivo* er varmetapet bare 8%. Dette viser at mekanismen for energioverføring er meget effektiv.

Andre anvendelser av luminescensmetoder i biofysikken

Det finnes mange luminescensmetoder som er til nytte i biofysikken. Viktigst er — ved siden av dem vi har omtalt — immunfluorescens, væskestrømscytofluorimetri, fluorescensmikroskopi, kvantitative og kvalitative analyser på grunnlag av luminescensspektra og målinger av polarisert fluorescens.

Immunfluorescens har blitt en teknikk som er av stor betydning. Allerede i 1933 ble det oppdaget at fargestoffer kunne bindes til antigener uten at disse mistet sin antigenitet. Et antigen er et stoff som når det kommer inn i en organisme, forårsaker at denne organismen forsvarer seg mot det ved å produsere et antistoff. Dette antistoffet kan reagere spesifikt med antigenet og uskadeliggjøre det. Antigener kan være for eksempel proteinmolekyler eller virus. I 1942 begynte man å merke antistoffer med fluorescerende fargestoffer. Ved hjelp av forskjellige fluorescensmålinger kunne en da studere reaksjonene mellom antigener og antistoffer.

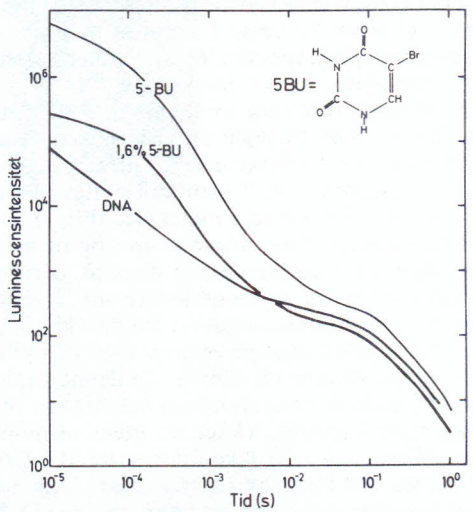


Fig. 11 Tidsavhengigheten av luminescensintensiteten av DNA, 5-bromuracil (5-BU) og DNA der 1.6% av thymin-innholdet er utbyttet med 5-bromuracil. Denne utbyttingen gjør kurven svært lik den tilsvarende kurven for rent 5-bromuracil.

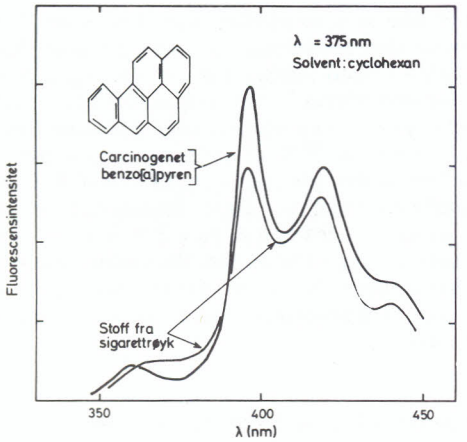


Fig. 12 Fluorescensspektret fra det kreftfremkallende stoffet benzopyren sammenlignet med fluorescensspektret fra stoff som er i sigarettrøyk. (Fra ref. 14)

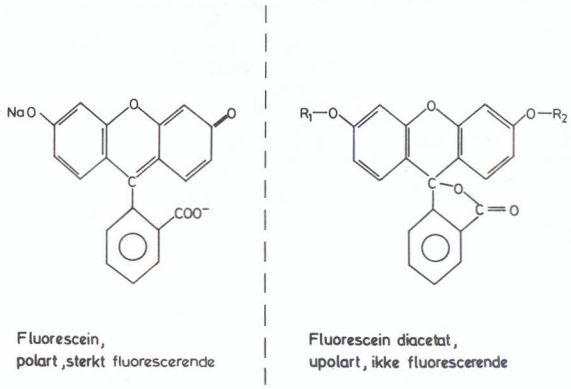


Fig. 13 De kjemiske formlene for fluorescein og fluorescein diacetat.

Væskestrømscytofluorimetri er kvantitative lysmålinger på enkeltceller basert på binding av fluorescerende stoffer til bestemte deler av cellene (se ref. 9).

Fig. 12 er et eksempel på en kvalitativ analyse ved hjelp av luminescensspektra. Figuren viser fluorescensspektret av det kreftfremkallende stoffet benzopyren. Spektrene viser med ganske stor sikkerhet at benzopyren er til stede i sigarettrøyk.

Hvis en eksiterer molekyler med polarisert lys, vil også fluorescensen som emitteres være polarisert. Dette gjelder dersom molekylene ikke roterer mens de er i den eksiterte tilstand. Hvis de kan rotere mens de er eksiterte, vil dette medføre en depolarisasjon av fluorescensen. Hvor lett molekylene kan rotere er bestemt av løsningsmidlets viskositet. Graden av polarisasjon gir derfor beskjed om viskositeten i omgivelsene av de fluorescerende molekylene. Det er av interesse å finne ut hvordan viskositeten av cytoplasmaet i levende celler varierer under cellesyklus, under forskjellige ytre påvirkninger (stråling, tilsetning av kjemiske stoffer etc.) og om det er noen forskjell på viskositeten av cytoplasmaet i syke og friske celler. Fluorescein er et sterkt fluorescerende stoff som kan nyttes til slike undersøkelser. Fluorescein-molekylet (Fig. 13) er polart og passerer bare langsomt inn og ut av levende celler. Esteren fluorescein diacetat, derimot, er mindre polar og passerer lettere inn i cellen. Denne esteren fluorescerer ikke. Imidlertid vil enzymer inne i cellen angripe esteren. Den vil hydrolyseres og fluorescein vil dannes. På denne geniale måten kan en få fluorescerende molekyler inn i cellen som bare langsomt lekker ut, mens løsningen cellen befinner seg i, er ikke-fluorescerende. Ekteparet Čerček ved Paterson Laboratories i Manchester har benyttet dette i cellestudier (ref. 6—8). De har vist at viskositeten i cytoplasmaet i visse celler varierer sterkt under cellesyklusen. Videre har de påvist at viskositeten i cytoplasmaet hos gjærceller øker når cellene bestråles i oksygenrike omgivelser, mens den avtar når cellene bestråles i nitrogenrike omgivelser. De samme forskerne hevder også å ha funnet betydelige forskjeller mellom friske lymfocytter og lymfocytter fra personer med leukemi ved hjelp av polarisert fluorescens. Dette kan vise seg å få diagnostisk betydning, men det er ennå for tidlig å vite noe sikkert om det. Imidlertid vil metoden med polarisert fluorescens komme til å bli meget betydningsfull i cellestudier.

Litteratur:

Om protein- og DNA-luminescens:
1) «Fluorescence and Phosphorescence of Proteins and Nucleic Acids». S. V. Konev. Plenum Press 1967.
2) «Luminescence of Biopolymers and Cells» G. M. Barenboim, A. N. Domanskii and K. K. Turoverov. Plenum Press 1969.

Om energioverføring:
3) S. C. Lillicrap et al. Int. J. Radiat. Biol. 26, 65 (1974).
4) S. C. Lillicrap and E. M. Fielden. Int. J. Radiat. Biol. 21, 137 (1972).
5) E.M. Fielden and S. C. Lillicrap. Rad. Res. Quarterly 7, 133 (1970—72).

Om polarisert fluorescens:
6) L. Čerček et al. Biophysik 10, 187 (1973).
7) L. Čerček and B. Čerček. Int. J. Radiat. Biol. 21, 445 (1972).
8) L. Čerček et al. Br. J. Cancer 29, 345 (1974).

Om væskestrømscytofluorimetri:
9) T. Lindmo og O. D. Lærum. Forskningsnytt 1, 25 (1975).

Om merking av celler med fluorescein:
10) B. Rotman and B. W. Papermaster. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. 55, 134 (1966)

Referanse til figurene:
11) Sci. Am. Mai 1948, side 47.
12) M. R. Loken i Fluorescense Techniques in Cell Biology. Springer (1973).
13) «Luminescense of Biopolymers and Cells», side 47. Plenum Press 1969.
14) Van Duuren, J. Natl. Cancer. Inst. 21, 1 (1958).

Fra Fysikkens Verden

39. årgang
1977

NORSK FYSISK SELSKAP
TRONDHEIM 1977

Fra Fysikkens Verden

Redaktør
Forsker Olav Steinsvoll
Institutt for Atomenergi,
2007 Kjeller

Redaksjonskomite:

Førsteamanuesis Tryggve Grotdal, Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen, 5014 Bergen.

Forsker Jan Myrheim, EP Division, CERN, CH-1211 Genève 23, Sveits.

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

Lektor K. Jostein Knutsen, Luftkrigsskolen, 7000 Trondheim.

Fagsekretær Helge Klemsdal, Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø.

Redaksjonssekretær:

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

Sekretær:
Fru Gudrun Græsmann,

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden, Fysisk institutt,
Norges Lærerhøgskole, 7000 Trondheim

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.

Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo, Blindern

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

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

INNHOLD

Hefte 1

Fra redaksjonen 1

Fysikermøtet og årsmøtet 1977 2

Problemstillinger og eksperimentelle metoder innen kosmisk geofysikk anno 1976.
Bernt N. Mæhlum 3

Naturvitenskapene og den nyere utvikling i forskningspolitikken.
Helmer Dahl 9

Nytt fra CERN.
Jan Myrheim 16

Strålingsskader i «arvemolekylene» ved magnetisk resonansepektroskopi. Del 2.
Einar Sagstuen 21

Sommerkurs/seminar i fysikk.
Georg André 24

Bøker 8, 20

Bela A. Lengyel: Lasers.

S. Haroce, J. C. Pebay-Peytoula, T. W. Hänsch, and S. E. Harris (red.): ..... Laser Spectroscopy.

Hefte 2

Oppfordring til alle fysikere.
H.B.G. Casimir, T. Riste 25

Forskning og utvikling i naturfaglig pedagogikk.
Svein E. Sjøberg 26

Presesjon av fermijoner i det tredimensjonale rom og nytt bevis for ekvivalentsprinsippet.
O. Steinsvoll 31

Lavtemperaturekserimenter i strålingsbiofysikken.
Johan Moan 33

Fra fordums målsystemer til det internasjonale enhetssystem. Del 2.
Jan de Boer 37

Pris for forskningsarbeid ved fysikkseksjonen, NTH.
E. Samuelsen 44

Elektrisitetslære.
H. Ruge 45

Bøker 30, 36, 43, 46

Svenska Fysikersamfundets årbok: Kosmos

P. M. Chung, L. Talbot, K. J. Touryan: Electric Probes in Stationary and Flowing Plasmas.

W. Schultze: Farbenlehre und Farbenmessung.

R. S. Saltzman, L. Zinn and R. Sims (red.): Analysis Instrumentation, Vol. 13.

M. Alexanian, A. Zepeda (red.): Particles, Quantum Fields and Statistical Mechanics.

Egil M. Ophus: Opptaksmåter, belastning og sykelighet av bly i bymiljøer.

Ø. Holter, F. Ingebretsen, H. Parr: Fysikk anvendt på energiproblematikken.

H. G. Schuster (red.): One-Dimensional Conductors.

H. M. Nussenzveig: Introduction to Quantum Optics.

J. C. Dainty (ed.): Laser Speckle and Related Phenomena.

T. S. Huang (ed.): Picture Processing and Digital Filtering.

R. J. Finkelstein: Thermodynamics and Statistical Physics.

Hefte 3

Fra redaksjonen 49

Norsk Fysisk Selskaps årsmøte 1977 49

Kurs i fysikk. *Nils Fjell* 52

Årsmøte i Norsk Fysikkråd 52

Fysikere i næringslivet. Diskusjon på Fysikermøtet 1977.
O. Steinsvoll 53

Forskning og utvikling i naturfaglig pedagogikk. Del 2.
Svein E. Sjøberg 56

Atomfysikk med akselererte ioner.
Johannes M. Hansteen 62

8. Nordiske halvledermøte 65

Retting av trykkfeil 65

Nøytrale vinder i den øvre atmosfæren.
Asgeir Brekke 66

Bøker 71

Øvind Hauge: I bane rundt solen.

R. Bech, W. Englisch, K. Gürs: Table of Laser Lines in Gases and Vapors.

H. Walter (ed.): Laser Spectroscopy of Atoms and Molecules.

K. Shimoda (ed.): High-resolution Laser Spectroscopy.

Hefte 4

Frå redaksjonen 73

Nobelprisen 1977 73

Boltzmann-medaljen til R. Kubo.
P. C. Hemmer 73

Norsk Standard for SI-enheter.
B. E. Lian 74

Til Norsk Fysikkråd.
2v/Njål Hole 74

Måling av små grunnstoffmengder ved ione-indusert røntgenfluorescens.
J. Rekstad 75

Snø, skiløping og skismøring.
Leif Torgersen 80

Fasefølsom spektrofotometri.
Svein Prydz 85

Wilson i tresko.
E. H. Hauge 88

Fysikken i skoleverket.
Norsk Fysikkråd 92

Diracs elektronteori 50 år.
Aadne Ore 94

Bøker 83, 87, 91, 96

R. E. Newnham: Structure-Property Relations.

Araki, H.: International Symposium on Matemaical Problems in Theroretical Physics.

P. Bradshaw: Turbulence.

R. K. Zeytounian: Notes sur les Eculements Rotationels de Fluids Parfaits.

FORFATTERREGISTER

André, Georg:
Sommerkurs/seminar i fysikk 24

Boer, Jan de:
Fra fordums målsystemer til det internasjonale enhetssystem. Del 2 37

Brekke, Bjørn:
(bokanm.) Picture Processing and Digital Filtering. T. S. Huang (ed.). 48

Brekke, Asgeir:
Nøytrale vinder i den øvre atmosfæren 66

Casimir, H. B. G. :
En oppfordring til alle fysikere 25

Dahl, Helmer:
Naturvidenskapene og den nyere utvikling i forskningspolitikken 9

Fjell, Nils:
Kurs i fysikk 52

González, J. J. :
(bokanm.) Particles, Quantum Fields and Statistical Mechanics. M. Alexanian, A. Zepeda (ed.) 46

Gullvåg, Barbro:
(bokanm.) Opptaksmåter, belastning og sykelighet av bly i bymiljøer. Egil M. Ophus 46

Hansteen, Johannes M.:
Atomfysikk med akselererte ioner 62

Hauge, E. Hiis:
(bokanm.) Thermodynamics and Statistical Physics. R. J. Finkelstein 48

Hauge, E. Hiis:
(bokanm.) Equations Cinetiques des Fluides et des Plasmas. J. P. Babuel-Peyrissac. 87

Hauge, E. Hiis:
Wilson i tresko 88

Hemmer, P. C.:
(bokanm.) One-Dimensional Conductors. H. G. Schuster (red.) 47

Hemmer, P.C.: Boltzmann-medaljen til R. Kubo 73

Hole, Njål:
(bokanm.) Lasers. B. A. Lengyel 8

Hole, Njål:
Svenska Fysikersamfundets årbok: Kosmos 30

Hole, Njål:
Til Norsk Fysikkråd 74

Knutsen, Knut Jostein:
Møte i EPS Advisory Committee on Physics Education 43

Lian, B. E.:
Norsk standard for SI-enheter 74

Mentzoni, Michael:
(bokanm.) Electric Probes in Stationary and Flowing Plasmas. P. M. Chung, L, Talbot, K. J. Touryan 36

Moan, Johan:
Lavtemperatureksperimenter i strålingsbiofysikken 33

Myrheim, Jan:
Nytt fra CERN 16

Mæhlum, Bernt N.:
Problemstillinger og ekspermentelle metoder innen kosmisk geofysikk anno 1976 3

Olsen, Svein Otto:
(bokanm.) Laser Spectroscopy. S. Haroche, J. C. Pebay-Peyroula, T. W. Hänsch and S. E. Harris (red.) 20

Olsen, Svein Otto:
(bokanm.) Introduction to Quantum Optics. H. M. Nussenzweig 47

Ore, Aadne:
Diracs elektronteori 50 år 94

Pedersen, Hans M.:
(bokanm.) Laser Specle and Related Phenomena. J. C. Dainty (ed.) 48

Persen, Leif N.:
(bokanm.) Turbulence. P. Bradshaw 91

Prydz, Svein:
Fasefølsom spektrofotometri 85

Rekstad, J.:
Måling av små grunnstoffmengder ved ione-indusert røntgenfluorescens 75

Riste, T. (og H. B. G. Casimir):
En oppfordring til alle fysikere 25

Ruge, H.:
Elektrisitetslære 45

Sagstuen, Einar:
Strålingsskader i «arvemolekylene» ved magnetisk resonansspektroskopi. Del 2 21

Samuelsen, E.:
Pris for forskningsarbeid ved fysikkseksjonen, NTH 44

Sikkeland, Torbjørn:
(bokanm.) Table of Laser Lines in Gases and Vapors. R. Bech, W. Englisch, K. Gürs 72

Sikkeland, Torbjørn:
(bokanm.) Laser Spectroscopy of Atoms and Molekules. H. Walther (red.) 72
(bokanm.) High-resolution Laser Spectroscopy. K. Shimoda (red.) 72

Sjøberg, Svein E.:
Forskning og utvikling i naturfaglig pedagogikk. Del 1 26

Sjøberg, Svein E.:
Forskning og utvikling i naturfaglig pedagogikk. Del 2 56

Stegavik, Kaare:
(bokanm.) Analysis Instrumentation. R. S. Saltzman, L. Zinn, R. Sims (ed.) 43

Steinsvoll, Olav:
Fra redaksjonen 1

Steinsvoll, Olav:
Presesjon av ferminorer i det tredimensjonale rom og nytt bevis for ekvivalensprinsippet 31

Steinsvoll, Olav:
(bokanm.) Fysikk anvendt på energiproblematikk. Ø. Holter, F. Ingebretsen, H. Parr 47

Steinsvoll, Olav:
Fysikere i næringslivet (ref.) 53

Svare, Ivar:
(bokanm.) Structure-Property Relations. R. E. Newnham 83

Torgersen, Leif:
Snø, skiløping og skismøring 80

Trulsen, Jan:
(bokanm.) I bane rundt solen. Øivin Hauge 71

Valberg, Arne:
(bokanm.) Farbenlehre und Farbenmessung. W. Schultze 36

Wergeland, Harald:
(bokanm.) International Symposium on Mathematical Problems in Theoretical Physics. H. Araki 83

Ytrehus, Tor:
Notes sur les Eculements Rotationnels de Fluids Parfaits. R. K. Zeytounian 96

Påmelding til Fysikermøtet i Oslo 14. juni - 16. juni 1978.

Navn:

Adresse:

Arbeidssted:

Anmelder foredrag: Ja/Nei

Antatt varighet.....min.

Emne:

Sammendrag på engelsk må følge påmeldingen.

Innkvartering ønskes for ..... voksne og ..... barn på Nord-Norsk student- og elevhjem

for nettene 13-14/6 ..... 14-15/6 ..... 15-16/6 .....

Enkeltrom u/bad (30 stk) kr. 84,-

Dobbeltrom u/bad (10 stk) kr. 60,-/pers

(2 stk. dusj i hver korridor).

Frokost à kr. 20,- ....

Lunsj (snitter, wienerbrød, kaffe) à ca. kr. 30,- ønskes (ikke strengt bindende):

14/6 ..... 15/6 ..... 16/6 .....

Jeg anmelder ..... personer til båtturen til Veritas 14/6. Pris ca. kr. 30,- (barn gratis)

Jeg anmelder ..... personer til middag 15/6. Pris ca. kr. 110,-.

(Det tas forbehold om pris på lunsj, middag og båttur).

Registreringsavgift kr. 100,-.

Påmelding må sendes innen 15. mai til:

FYSIKERMØTET, FYSISK INSTITUTT, BOKS 1048, BLINDERN, OSLO 3.

BØKER

A.J. Freeman og H. Schmid (Redaktørar): Magnetoelectric Interaction Phenomena in Crystals. Gordon & Breach, London, New York, Paris 1975, 228 sider.

Boka inneheld dei inviterte foredraga til eit symposium i Seattle i mai 1973 om magnetoelektriske fenomen i krystallar, i alt 22 foredrag. Det er ei bok for dei særskilt interesserte, som her vil finne ei djuptpløyande og brei innføring i emnet. Dessverre har utgjevinga drøyd ut i to år etter konferansen, sikkert m.a. fordi Gordon & Breach var i økonomiske vanskar (og til slutt gjekk konkurs i 1975).

Magnetoelektrisk (ME) effekt er eit fenomen som er interessant både fra teoretisk og utnyttings-synstad. Effekten går ut på at i enkelte stoff kan ein indusere eit magnetisk dipolmoment ved hjelp av eit elektrisk felt, og omvendt at eit magnetisk felt på stoffet gir opphav til elektrisk polarisering. Det eine følgjer av det andre. At ME kan opptre, vart først påvist av Landau og Lifshitz (1958). Dei peika på at ledd av typen $\alpha_{ij}E_iH_j$ i uttrykket for fri energi (E elektrisk, H magnetisk feltstyrke, α_{ij} ME-koeffisientar) kan opptre i visse krystallsymmetriklasser.

Dzialoshinsky fann (1959) at det antiferromagnetiske stoffet Cr_2O_3 fylte desse symmetrikrava, og året etter vart effekten eksperimentelt påvst uavhengig av kvarandre av Astrov (Sovjet-unionen) og Rado (USA), begge i Cr_2O_3. I åra etter 1960 har ein funne stadig nye ME-materiale, dei fleste er antiferro-magnetiske. Etter systematisk søking og gruppeteoretisk analysering har ein no ei liste på meir enn hundre ME-stoff. Viktige grupper her er blanda pervoskittar, t.d. $PbFe_{0,5}Nb_{0,5}O_3$, og boracidhalid av typen $M_3B_7O_{13}X$, der M = Mn, Fe, Ni, Co, Cu, og X = Cl, Br, I. ME-effekten er ein svak effekt, α er av storleik 10^{-4} - 10^{-3} (i gaussiske einingar), slik at eit middels sterkt magnetfelt (10^4 Oe) gir opphav til ein beskjeen dielektrisk polarisasjon (P = 10^{-6} C/m^2). Effekten er temperaturavhengig og forsvinn over T_c, ein kritisk temperatur som kan variere fra stoff til stoff fra 10°K - området til 1000°K.

Opphavet til ME-effekten er å finne på det atomære nivå ved at eit elektrisk felt kan påverke viktige parameter som spinn-bane-kpling og krystall-felt, som er av betydning for magnetiseringa. For at effekten skal manifestere seg i ein krystall, må stoffet mangle symmetrisenter og «antitranslasjonssymmetri». Lister er utarbeidd over mulige ME-aktive symmetrigrupper.

Fra teknisk synstad har ME-effekten vakt ei viss interesse. Ein ser t.d. visse fordelar i å kunne styre dielektrisk polarisasjon ved hjelp av magnetfelt i visse slag elektro-optisk utstyr, og ein ventar seg mulige bruksområde i mikrobølgje- og infra-raud-teknikken. Teknisk forskning er i gang for å finne materiale som kombinerer gunstige eigenskapar som liten strålingsabsorpsjon og liten elektrisk leiingsevne, med stor ME-effekt med høg verdi for kritisk temperatur. Alt dette kan dei særskilt interesserte lese om i boka av Freman og Schmid.

Emil J. Samuelsen

H. Elsässer og H. Fechtig (eds.): Interplanetary Dust and Zodiacal Light. Proceedings of IAU Colloquium No 31. Heidelberg, Juni 10-13, 1975. Lecture notes in Physics, vol. 48. Springer Verlag 1976. 165 figurer, 44 tabeller, 496 sider. Pris, heftet DM 39.- US$ 16.00

Norge har en gunstig geografisk plassering for studiet av nordlyset. Så er ikke tilfellet for den andre type himmellys som diskuteres i denne boka. Zodiakallyset observeres lettest innenfor ca 10° fra Sola, det vil si like før (etter) soloppgang (nedgang) på tropiske breddegrader. Vår store nordlysprofessor K. Birkeland dro således på en ekspedisjon til Egypt mot slutten av sitt liv for å kunne studere nettopp dette fenomenet.

Zodiakallyset skyldes spredt sollys fra interplaneære støvkorn med karakteristisk størrelse noen μm. Lystrykket fra Sola har en avgjørende innflytelse på dynamikken av disse korn. De større korn spirallerer langsomt inn mot Sola, mens lystrykket for de minste kan bli så stort at disse blåses bort fra solsystemet. Siden støvet har endelig levetid må nytt støv stadig genereres, sannsynligvis via kollisjonsprosesser. både asteroider og kometer er blitt sett på som kilder i denne sammenheng.

Vår tids romforskning med sonder både til Jupiter og de indre planeter har betydd et vesentlig skritt framover for vår viten om disse fenomener. Konferansen i Heidelberg ga et relativt fullstendig bilde av denne viten med en rimelig balanse mellom teori og eksperiment.

Boka med sine referanselister burde derfor være aktuell for studenter og forskere som ønsker å lære vårt nære verdensrom nærmere å kjenne.

Jan Trulsen

G.J. Troup: Mechanics. Longman Introductory Physics, 1976, 205 sider, pris £ 3,00.

R.C. Cross: Electricity and Magnetism. Longman Introductory Physics, 1976, 254 sider, pris £ 3,00.

Disse to bøkene er med i en serie som også omfatter: R.G. Turner: Waves and Optics og J.L.A. Francey: Relativity.

Mekanikkboken brukes av første års realfagstudenter ved Monash University.

E-læreboken er beregnet å være med i et begynnerkurs i fysikk på universitetets- eller college-nivå. Jeg har litt for lite kjennskap til australsk skolesystem til å kritisere. Men jeg syns det er rart at to bøker som er tenkt brukt i samme kurs, er på såvidt forskjellig nivå. Mens mekanikken vel måtte kunne brukes som f.eks. en del av F 101 ved Universitetet i Oslo, inneholder elektrisitetslæren (når man ser bort fra elektromagnetiske bølger og elektronikk) bare litt mere enn gymnaspensumet. Mekanikken inneholder følgende kapitler: Kinematikk, dynamikk for en og flere partikler, energi og dens bevarelse, harmonisk bevegelse, rotasjonsbevegelse, sentralkrefter og gravitasjon. En del nødvendig matematikk er tatt med i appendix. Det er lagt vekt på galileitransformasjoner i Newtons mekanikk, forholdet mellom bevarelsessetninger og symmetri, og bruk av bevarelsessetningene for

(forts. side 18)

Hydrider til lagring av energi

A. F. Andresen *

For å avhjelpe den knapphet på energi som ventes å oppstå i nær fremtid blir en rekke nye energikilder foreslått tatt i bruk. Det gjelder for eksempel solenergi, vindenergi og bølgeenergi. Felles for disse energikilder er at energien som regel ikke produseres på de steder eller til de tider hvor behovet er størst. Også for de konvensjonelle energikilder gjelder at behov og mulighet for produksjon ikke alltid faller sammen. Det er derfor ønskelig med en energibærer som kan lagre energien når produksjonen er stor og tas i bruk når behovet tilstede. Den bør kunne transporteres over store avstander, være billig og lett tilgjengelig og ikke forårsake forurensning. En slik energibærer mener man å ha funnet i hydrogen.

Hydrogen forekommer i nærmest ubegrensete mengder i naturen, kan lagres og transporteres, forårsaker ingen forurensning når det brenner og er gjenvinnbar. Ulempene ved hydrogen knytter seg vesentlig til sikkerhetsproblemene og til lagring og transport. De vanlige måter å lagre hydrogen på, som komprimert gass på stålflasker eller som nedkjølt væske i vakuumbeholdere er kostbare og tungvinte, og medfører betydelige risikomomenter. Et alternativ som har fått øket aktualitet i det siste er lagring i form av metallhydrider. Enkelte av disse kan ta opp dobbelt så mye hydrogen pr. volumenhet som det er i flytende hydrogen. Dette er vist i tabell 1 hvor antall hydrogenatomer pr. cm^3 er oppgitt for en rekke vanlige metallhydrider samt for fast og flytende hydrogen.

Problemet med å bruke disse til lagring av hydrogen er at hydrogenet er så fast bundet at det kreves høy oppvarming for å frigjort gassen. I den senere tid har man imidlertid funnet frem til nye legeringer som egner seg langt bedre for hydrogenlagring enn de binære metallhydrider. Dette gjelder særlig FeTi-legeringer som er blitt studert ved Brookhaven National Laboratory, U.S.A.[2] og $LaNi_5$ som er blitt tatt i bruk ved Philips Research Laboratories, Holland[3]. Lagringstanker med FeTi-legeringer er allerede installert i flere hydrogendrevne biler, og et stasjonert lagringsanlegg med 400 kg av disse legeringene er blitt benyttet av Public Service Electric and Gas Corporation of New Jersey til lagring av overskuddskraft. Når det gjelder $LaNi_5$ legeringen er den blitt benyttet i flere patenterte oppfinnelser f.eks. til varmepumper og i en kompressor for komprimering av hydrogen. Dette forskningsfeltet synes i det hele så lovende og åpner så mange muligheter for aktuelle anvendelser, at en rekke forskningsinstitusjoner har startet egne prosjekter på feltet.

TABELL 1

Hydrogeninnhold i enkelte stoffer.

Stoff	Antall hydrogenatomer pr. $cm^3 \times 10^{-22}$
Flytende hydrogen (20K)	4,2
Fast hydrogen (4,2K)	5,3
LiH	5,9
TiH_2	9,2
ZrH_2	7,3
YH_2	5,7
UH_3	8,2
$FeTiH_{1,7}$	6,0
$LaNi_5H_{6,7}$	6,1

For å få en oversikt over hva som nå er gjort når det gjelder praktiske anvendelser av hydrider, og å bringe klarhet i hvilke muligheter som foreligger for å fremstille mer egnede hydrider, ble det i tiden 14.—19. august holdt et møte på Geilo med tittel: «International Symposium on Hydrides for Energy Storage». Møtet ble arrangert av den Nederlandske-Norske Reaktorskolen ved Institutt for atomenergi, og det deltok i alt 69 deltakere fra 11 nasjoner. Både industri, forskningsinstitutter og universiteter var godt representert.

Det viste seg at det er utført et omfattende arbeid med å finne frem til bedre hydrider, men uten særlig hell til nå. Visse prinsipper er klarlagt som gjør det mulig å foreta en systematisk leting, men arbeidet er omfattende og tidkrevende og enda er for eksempel lite kjent om strukturen til de mest brukte hydridene. Et godt hydrid må kunne ta opp og avgi store mengder hydrogen ved moderate trykk og temperaturer. Det må kunne tåle en viss grad av forurensning av andre gasser uten at disse egenskapene blir vesentlig påvirket. Absorpsjon og dissosiasjon bør skje raskt og dannelsesvarmen bør ikke være for høy. Metallene som inngår bør være lette og billige. Særlig disse siste kravene synes det å være vanskelig å imøtekomme for de aktuelle hydridene.

Når det gjelder de praktiske anvendelser blir man slått over den store variasjon i mulige anvendelsesmåter som eksisterer. Ved hydrogendrift av biler vil ikke bare hydridene kunne brukes til å levere hydrogen til motoren. Når hydrogen tappes fra hy-

*) Dr.philos. Arne F. Andresen er avdelingsfysiker ved Institutt for Atomenergi, Kjeller.

drid-tanken kreves det varme som fører til avkjøling av hydridet og dette igjen kan brukes til avkjøling av kupéen. Omvendt vil det ved ladning med hydrogen før bilen skal brukes frigjøres dannelsesvarme som kan brukes til oppvarming av motor og kupé. Ved Daimler-Benz er det også utviklet batterier med et hydrid som elektrode[4]. Disse mister ikke sin yteevne ved lave temperaturer og har meget lengre levetid enn vanlige blyakkumulatorer.

En vesentlig ulempe ved de hydridene som til nå er benyttet til lagring av hydrogen i biler er at de er alt for tunge og tar opp for lite hydrogen pr. vektenhet. Selv med et fullt ladet hydrid på 200 kg vil bilens aksonsradius ikke være mer enn 250 km. Nå ser det ut til å være lett å modifisere motoren slik at den kan drives både med hydrogen og bensin. Man har derfor tenkt seg å benytte hydrogen under bykjøring, hvor det er om å gjøre å unngå forurensning, og benytte bensin under landeveiskjøring. En aksjonsradius på 250 km for bykjøring ansees for mange formål tilstrekkelig. Det er også mulig å drive motoren med en blanding av bensin og hydrogen.

Ved stasjonære anlegg spiller vekten ingen rolle, men omkostningene kan bli betydelige når dyre metaller må benyttes. I det prøveanlegg som er bygget for Public Service Electric and Gas Corp. of New Jersey er det medgått 400 kg FeTi, og det gjør det mulig å lagre 6,4 kg hydrogen[5]. Gassen produseres elektrolytisk og komprimeres før den lagres som hydrid. Ved gjenvinning av energien må hydridet varmes svakt ($\sim 45°C$). Da dekomponerer det og hydrogenet ledes til en brenselcelle. Det er lagt stor vekt på å forbedre brenselcellene.

Det er også foreslått å lage mindre anlegg for lagring av termisk energi[1]. Dette vil være en nyttig metode til energisparing og kan benyttes både i forbindelse med solenergi og spillvarme. For oppvarming av hus kan man tenke seg å benytte solenergien om dagen til dekomponering av et hydrid. Det utskilte hydrogen lagres enten som komprimert gass eller i form av et mindre stabilt hydrid. Om aftenen kan man la hydrogenet tas opp i det første hydrid igjen, og dannelsesvarmen kan benyttes til oppvarming av huset.

Faremomentene ved lagring og transport av hydrogen i form av hydrider er langt mindre enn når gassen oppbevares komprimert på stålflasker eller nedkjølt til væske på vakuumbeholdere. Trykket i en hydridtank vil ikke overstige noen få atmosfærer. Skulle det oppstå lekkasje og hydrogen strømme ut, vil dette føre til en avkjøling av hydridet og dekomponeringen opphører. Hydridet har i seg selv en høy antennelsestemperatur ($\sim 190°C$).

Av det som er nevnt her skulle det tydelig fremgå at studiet av hydrider er et lovende forskningsfelt med mange aktuelle aspekter. Det er ikke å undres over at denne forskningen omfattes med stor interesse både av forskningsinstitusjoner og industribedrifter overalt i verden. Vi kan utvilsomt vente oss en interessant utvikling på dette felt i nær fremtid.

Litteratur:

1) G. G. Libowitz. Proc. 9th Intersociety Energy Conference, San Fransisco, (1974).
2) J. J. Reilly og R. H. Wiswall Jr., Inorg. Chem. 13, 218 (1974).
3) J. H. N. van Vucht, F. A. Kuypers og H. C. A. M. Bruning, Philips Res. Repts 25, 133 (1970).
4) M. A. Gutjahr, H. Buchner, K. D. Beccu og H. Säufferer, 8th International Power Sources Conference, Brighton (1972).
5) J. J. Reilly, K. C. Hoffman, G. Strickland, og R. H. Wiswall, 26th Annual Proceedings Power Sources Conf., Atlantic City, New Jersey, (1974).

(forts. fra side 4)

skapene og stabiliteten. Levetiden for en væskekrystall som drives av likestrøm er omlag 3000 timer.

Hvordan en kan lage TV-paneler av væskekrystaller er også omtalt. En har kommet et godt stykke på vei, men ennå er det nok en stund til før det «gammeldagse» TV-røret kan byttes ut med en energibesparende og plassbesparende mosaikk, bestående av tusenvis av væskekrystaller.

Det siste avsnittet tar for seg bruk av nematiske krystaller i den koherente optikken. Et stort og meget lovende felt her er holografisk lagring av data ved hjelp av væskekrystaller. En eksperimentell modell av en stor optisk hukommelse er laget, det blir hevdet at magnetiske bånd og disker vil være erstattet av denne nye teknikken i løpet av 1980 årene. En står her overfor en teknikk med høy lagringskapasitet og stor hurtighet. Prinsippet en benytter er at spredningen av lys gjennom en væskekrystall kan kontrolleres elektrisk, såkalt dynamisk spredning. Koherent lys som blir spredt på grunn av den dynamiske spredningen, er ikke lenger koherent. Dette inkoherente lyset kan ikke lagres holografisk, og en har slik en mulighet til å kontrollere elektrisk lagringen av holografiske data.

Det generelle inntrykket av dette kapitlet er at det inneholder mye nyttig informasjon og at det er greit fremstilt.

Boken tar for seg et felt som har, og fortsatt vil by på mye nytt i vår hverdag. Derfor slår det en den noe gammelmodige utformingen boken har fått. Typografien er til dels svært ubehagelig tettskrevet og presentasjonen av figurene er ikke bedre enn at gamle Gutenberg ville ha klart det nesten like bra.

Ingar Singstad

(forts. fra side 16)

å forenkle problemene. Dette mener forfatteren skal være nyttig for studenter som skal begynne med kvantemekanikk.

Elektrisitetslæren inneholder følgende kapitler: Elektriske ladninger og strømmer, elektrisk felt, potensialforskjell, elektriske kretser, kapasitanser, magnetisk felt og krefter, elektromagnetisk induksjon, vekselstrømkretser, elektromagnetiske bølger og elektronikk. Jeg ser til min glede at motorer og transformatoren er kommet til heder og verdighet igjen.

Figurene i begge bøkene er enkle, men instruktive.

K. Jostein Knutsen.

Solstråling ved jordoverflaten

*Arild Gulbrandsen**

Innledning

I de senere år har det vært en stadig økende interesse internasjonalt for omsetningen av solstråling i atmosfæren. Blant årsakene til dette finner vi 1) mistanken om at luftforurensninger gjennom sin innvirkning på strålingsforholdene i atmosfæren vil kunne influere på klimaet, og 2) den økende oppmerksomhet fra en energihungrig verden om solen som energikilde. Forskningen på dette feltet hører tradisjonelt inn under den del av meteorologien som går under betegnelsen atmosfærisk strålingsforskning.

Solen er tilnærmet den eneste energikilde for de prosesser som finner sted i atmosfæren og i de øverste sjikt av jordoverflaten. Andre naturlige energistrømmer som jordvarme og lys fra månen og stjernene utgjør mindre enn en promille av den tilførte solenergi. Den menneskelige energiproduksjon var i 1970 på under 0.1 promille.

Den midlere flukstetthet av solstrålingen på en flate ved atmosfærens yttergrense normalt på retningen til solen kalles solarkonstanten og er på 1353 Wm^{-2}. Flukstettheten midlet over hele jorden blir fjerdeparten av dette, dvs. omkring 340 Wm^{-2}. Av dette igjen reflekteres ca. 30 % tilbake mot verdensrommet. Den midlere tilførte (absorberte) solenergi til jordoverflaten og atmosfæren tilsvarer derved 240 Wm^{-2}.

Den faktiske fordeling av denne energi varierer imidlertid meget både med tid og sted. I denne artikkelen skal vi se litt på de faktorer som er bestemmende for flukstettheten av solstrålingen ved jordoverflaten. Særlig skal vi ta for oss de faktorer som angår selve strålingstransporten i atmosfæren. De beskrevne flukstettheter vil alle referere seg til en horisontal flate.

Som vist i Tabell 1 kan de nevnte faktorer deles inn i 4 grupper, nemlig 1) astronomiske, 2) geografiske og geometriske, 3) fysiske og 4) meteorologiske faktorer. Blant de astronomiske faktorer har vi selve energiutstrålingen fra solen, som jo er utgangspunktet for det hele. Solen stråler tilnærmet som et svart legeme med en overflatetemperatur på litt under 6000 K. Spektralfordelingen tilsvarer noenlunde en Planck-kurve, med maksimum nær midten av det synlige spektrum (Fig. 1). Total utstrålt effekt er 3,85 . 10^{26}W, som fordelt over en kuleflate med radius lik middelavstanden sol-jord gir solarkonstanten. Spørsmålet om i hvilken grad solarkonstanten egentlig er en konstant har forøvrig i lengre tid vært gjenstand for diskusjon.

TABELL 1. Faktorer som bestemmer solstrålingen ved jordoverflaten

1) *Astronomiske faktorer*
   - A) Solens energiutstråling
   - b) Avstanden sol - jord
   - C) Solens deklinasjon

2) *Geografiske og geometriske faktorer*
   - a) Geografisk lengde og bredde
   - b) Høyde over havet
   - c) Horisontens utseende
   - d) Orientering av mottakende flate

3) *Fysiske faktorer*
   - a) Rayleigh-spredning
   - b) Mie-ekstinksjon (absorbsjon og spredning) ved aerosoler og skypartikler
   - c) Gass-absorbsjon (H_2O, O_3, O_2, CO_2, NO_2

4) *Meteorologiske faktorer*
   - a) Fordelingen i rom og tid av absorberende og spredende gasser og partikler
   - b) Jordoverflatens refleksjonsevne (albedo)

Som følge av jordbanens eksentrisitet får vi en årsvariasjon i innstrålingen mot jorden. I takt med endringen i avstanden sol-jord varierer den faktiske flukstetthet ved atmosfærens yttergrense, også kalt den ekstraterrestriske flukstetthet, fra omkring 1308 Wm^{-2} først i juli til 1398 Wm^{-2} først i januar. Dette tilsvarer en variasjon på ± 3.3 % i forhold til solarkonstanten.

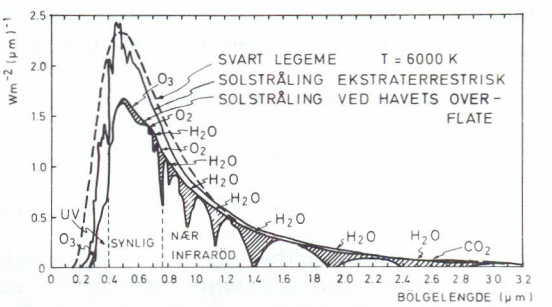


Fig. 1 Spektralfordelingen av solstrålingen ekstraterrestisk og ved havets overflate (solen i zenith) sammenholdt med svart legeme stråling ved T = 6000 K. De skraverte områder angir absorbsjonsbåndene for H_2O, O_3, O_2 og CO_2.

*) Geofysisk Institutt, avd. B, Universitetet i Bergen.

På grunn av jordaksens helning i forhold til jordbaneplanet vil solens posisjon på himmelen endre seg i løpet av året. Denne posisjonen uttrykkes ved bl.a. deklinasjonen, som er vinkelavstanden mellom solen og himmelekvator. Deklinasjonen varierer mellom -23.5° (vintersolhverv) og + 23.5° (sommersolhverv). Den årstidsvariasjon dette forårsaker i solstrålingen ved jordoverflaten tør være vel kjent i vårt land.

Effekten av den årlige gang i deklinasjonen varierer med geografisk lengde og bredde, som i Tabell 1 er gruppert blant de geografiske og geometriske faktorer. Blant de øvrige faktorer i denne gruppen finner vi høyden over havet og horisontens utseende. Den første av disse skal vi komme tilbake til. For strålingsforholdene lokalt spiller den fysiske horisont en vesentlig rolle. Fjell og åser eller trær og bygninger som skygger for solen og deler av himmelen kan føre til en vesentlig reduksjon i flukstettheten av strålingen. En annen viktig faktor er selve denne flatens orientering i forhold til vertikalretningen og retningen til solen. Under skyfrie forhold vil en flate som er orientert mot solen kunne motta en betydelig større energimengde enn flater orientert i andre retninger. På våre breddegrader vil i vintermånedene en vertikal sydvendt flate motta mer energi i løpet av et døgn enn en horisontal flate, mens det i sommermånedene er omvendt. (For betraktninger vedr. utnyttelse av solenergi i Norge, se 1) og 2).)

Beskrivelsen av solstrålingen ved jordoverflaten hadde vært en enkel sak dersom det var de astronomiske, geografiske og geometriske faktorer alene som var bestemmende for variasjonene i flukstettheten med tid og sted. Problemene melder seg først når en kommer til de fysiske og meteorologiske faktorer.

Svekking av direkte solstråling

Spredning og absorbsjon ved molekyler, aerosoler (støvpartikler) og skydråper og -partikler (krystaller) gjør at flukstettheten F_S av den direkte solstråling (solar beam) på en horisontal flate ved jordoverflaten blir mindre enn den tilsvarende ekstraterrestiske flukstetthet.
F_S kan i første tilnærmelse uttrykkes ved Beer's lov

$$F_S = \cos\theta_0 \int_0^\infty F_\lambda \exp\left[-\tau_\lambda \sec\theta_0\right] d\lambda, \qquad (1)$$

hvor τ_λ er gitt ved summen

$$\tau_\lambda = \tau_{R\lambda} + \tau_{a\lambda} + \tau_{s\lambda} + \tau_{g\lambda}. \qquad (2)$$

Her er θ_0 solens zenithvinkel, dvs. vinkelen mellom vertikalretningen og retningen til solen. For en gitt geografisk lokalitet er zenithvinkelen en funksjon av solens deklinasjon og tid på døgnet. F_λ er den spektrale ekstraterrestriske flukstetthet normalt på strålingsretningen. leddene på høyre side i likn. (2) representerer i rekkefølge den såkalte normale optiske tykkelse for Rayleigh-spredning (spredning på luftmolekyler), spredning og absorbsjon ved aerosoler, spredning og absorbsjon ved skydråper og -partikler, samt absorbsjon ved atmofæriske gasser som H_2O, O_3, O_2, CO_2 og NO_2. Den optiske tykkelse τ_λ kan generelt skrives på formen

$$\tau_\lambda = \int_z^\infty \beta_\lambda \, dz \qquad (3)$$

hvor z er høyden (z = 0 ved jordoverflaten) og β_λ er ekstinksjonskoeffisient forskjellig for de forskjellige ekstinksjonsprosesser.

For spredning er β_λ i de fleste aktuelle tilfelle gitt ved uttrykk av typen

$$\beta_\lambda = \text{konst.} \cdot \lambda^{-\alpha}. \qquad (4)$$

For Rayleigh-spredning er $\alpha = 4$, mens spredning ved aerosoler og skydråper og -partikler karakteriseres ved en verdi av α mellom 0 og 1.5. Denne forskjellige bølgelengdeavhengighet forklarer hvorfor himmelen er blå og skyene hvite. I forurenset luft med betydelig aerosolspredning får også himmelen et hvitaktig preg.

For absorbsjon ved atmosfærisk O_3 kan den optiske tykkelse enkelt uttrykkes ved produktet $r = k_\lambda \cdot A$, der k_λ er en spektral absorbsjonskoeffisient og A den samlede osonmengde (i cm ekviva-

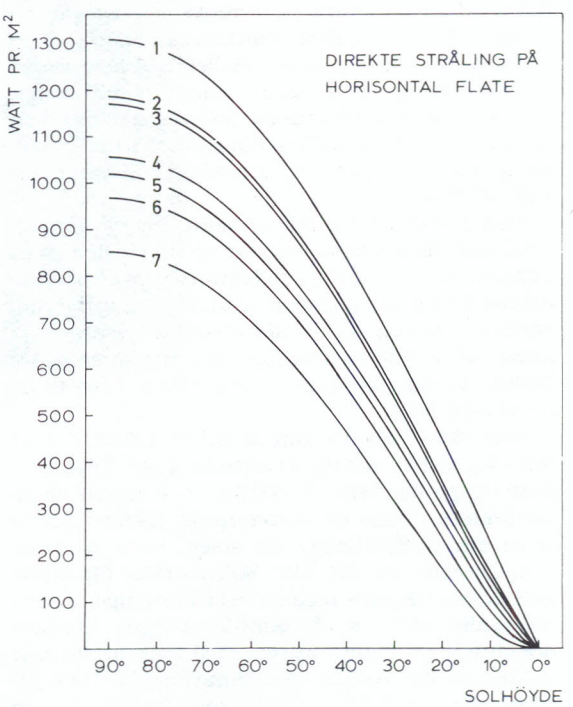


Fig. 2 Den direkte solstråling på horisontal flate som funksjon av solhøyden h = 90° — 0 for forskjellige atmofæremodeller. (Se teksten).

lentatmosfære) i en vertikal søyle i atmosfæren. For gasser som f.eks. H_2O er imidlertid ikke Beer's lov gyldig med mindre strålingen er meget nær monokromatisk, noe som har sammenheng med den kompliserte struktur av absorbsjonsbåndene. Ved beregning av absorbsjonen ved H_2O, og også O_2 og CO_2, benyttes derfor i stor utstrekning empiriske formler, hvor den samlede absorbsjon over ett eller flere absorbsjonsbånd er gitt som funksjon av det atmosfæriske vanndampinnhold. Beliggenhet og styrke av absorbsjonsbåndene for de aktuelle gasser er vist i Fig. 1.

Figur 2 gir et inntrykk av den relative betydning av de forskjellige ekstinksjonsmekanismer under skyfrie forhold. Figuren gjengir resultatet av modellberegninger av flukstettheten på en horisontal flate i spektralområdet (0.285—2.8) μm. Kurve 1 representerer den ekstraterrestriske fluks, mens kurve 2 gir flukstettheten ved jordoverflaten som følge av Rayleigh-spredning. I kurve 3 er 0_3-absorbsjonen inkludert (A = 0.35 cm). I kurve 4 kommer i tillegg absorbsjonen ved H_2O, O_2 og CO_2, med et atmosfærisk vanndampinnhold på 1.5 g cm^{-2}. I de tre siste kurvene er også aerosol-ekstinksjonen tatt med. Kurve 5 og 7 svarer til henholdsvis de reneste og mest forurensede forhold som opptrer i Sør-Norge i områder som ikke er influert av lokale forurensningskilder, mens kurve 6 representerer de midlere forhold.

Såvel vanndamp- som aerosolinnholdet i atmosfæren fremviser betydelige variasjoner med tid og sted og med de meteorologiske forhold. Osonmengden varierer med årstid og geografisk bredde. Disse variasjoner gjenspeiles alle i form av endringer i flukstettheten (og spektralfordelingen!) av den direkte stråling. De største variasjonene i den direkte stråling er det imidlertid skyene som er ansvarlige for, idet selv et tynt skydekke foran solen kan gjøre $\tau_{s\lambda}$ så stor at F_S går mot null.

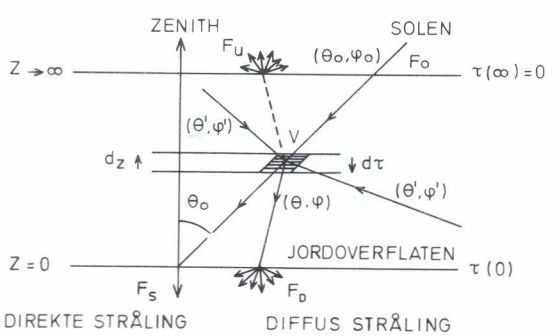


Fig. 3 Skjematisk bilde av solstrålingsfluksene i atmosfæren, referert til en horisontal flate.

Diffus stråling og globalstråling

En del av den strålingsenergi som fjernes fra den direkte stråling gjennom spredning «gjenvinnes» ved jordoverflaten i form av såkalt diffus stråling (blå himmel, hvite skyer). En annen del spres tilbake mot verdensrommet. Det diffuse strålingsfelt beskrives ved en radians eller spesifikk intensitet I_λ, som er sterkt retningsavhengig. En har generelt at $I_\lambda = I_\lambda(\tau_\lambda; \theta, \phi)$, hvor θ er zenithvinkelen og ϕ vinkelen i horisontalplanet i forhold til en definert referanseretning. Endringen i radians dI_λ av stråling som passerer et horisontalt atmosfæresjikt av tykkelse $d\tau_\lambda$ er gitt ved transportlikningen for stråling (τ_λ karakteriserer her nivået i atmosfæren gjennom relasjonen $d\tau_\lambda = -\beta_\lambda dz$, jfr. likn. (3) og Fig. 3)

$$\cos\theta(dI_\lambda/d\tau_\lambda) = I_\lambda - S_\lambda, \qquad (5)$$

hvor $S_\lambda = S_\lambda(\tau_\lambda; \theta, \phi)$ kalles kildefunksjonen og gir radiansen av den stråling som sendes ut fra et volumelement V i retningen, (θ, ϕ) som følge av spredning av stråling fra alle andre retninger (θ', ϕ'), se Fig. 3. Kildefunksjonen inkluderer de såkalte fasefunskjonene for Rayleigh- og mie-spredning, som beskriver vinkelavhengigheten av spredningen i forhold til retningen av den innfallende stråling.

Flukstettheten av den diffuse stråling nedover mot en horisontal flate får en ved integrasjon av produktet $I_\lambda \cos\theta$ over halvkulen

$$F_{D\lambda} = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\phi=\frac{1}{2}\pi}^{\pi} I_\lambda \sin\theta \cos\theta \, d\theta \, d\phi. \qquad (6)$$

(Et liknende uttrykk kan settes opp for flukstettheten U_λ av den stråling som spres oppover, jfr. Fig. 3.) Den samlede flukstetthet F_G av solstrålingen på en horisontal flate ved jordoverflaten blir da

$$F_G = F_S + F_D , \qquad (7)$$

der F_S er den direkte stråling gitt ved likn. (1) og F_D fremkommer ved integrasjon av likn. (6) over alle bølgelengder og med τ_λ refererende til det nederste atmosfæresjikt. F_G kalles gjerne globalstrålingen.

I Fig. 4 er vist et eksempel på variasjonene i F_G, F_S og F_G med solhøyden (90° -zenithvinkelen) under skyfrie forhold. Som den direkte stråling, er også den diffuse stråling en funksjon av aerosolinnholdet i atmosfæren. I dette tilfellet øker imidlertid flukstettheten med aerosolinnholdet, idet antallet spredende partikler blir større. Resultatet blir likevel at globalstrålingen avtar, idet reduksjonen i den direkte strålingen er større enn økningen i den diffuse.

I delvis skyet vær vil globalstrålingen ofte være større enn under skyfrie forhold, forutsatt at solen ikke er dekket av skyer. Dette skyldes et tillegg i den diffuse stråling fra de hvite partiene av solbelyste skyer. Den diffuse stråling og dermed globalstrå-

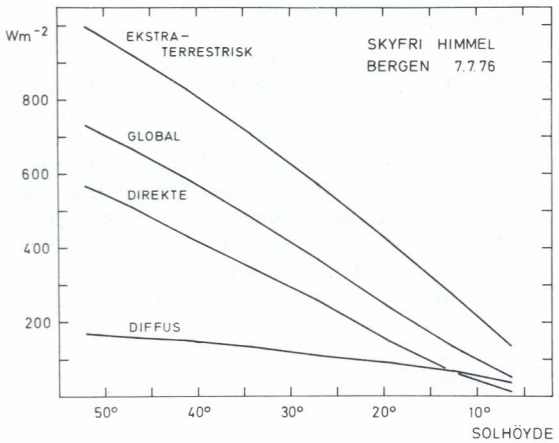


Fig. 4 Målt global-, direkte og diffus stråling i Bergen 7.7.76 sammenliknet med den ekstraterrestriske flukstetthet på en horisontal flate.

lingen avhenger dessuten av jordoverflatens refleksjonsevne eller albedo. Atmosfæren er i realiteten også belyst nedenfra ved at jordoverflaten reflekterer noe av den innfallende solstråling. På grunn av tilbakespredning mot jordoverflaten øker den diffuse strålingen når belysningen nedenfra øker. over en snøflate kan f.eks. flukstettheten av den diffuse stråling være mer enn 50% høyere enn over bar mark.

Under skyfrie forhold øker globalstrålingen og den direkte stråling med høyden, mens den diffuse avtar. I skyet og delvis skyet vær blir forholdene mer kompliserte, men generelt vil globalstrålingen også her øke med høyden.

Måling av solstrålingsfluks

De instrumenter som vanligvis benyttes til måling av globalstråling og diffus stråling på en horisontal flate kalles pyranometre eller solarimetre. Et snitt gjennom et slikt er vist i Fig. 5. Detektoren består av en termosøyle hvor den aktive del er eksponert for solstråling, mens den passive del er i termisk kontakt med instrumentkroppen, som vanligvis er av messing. Detektoren er utformet slik at den registrerer stråling innen en romvinkel på 2π. Over detektoren er montert en eller to glasskupler dels for beskyttelse av detektoren, dels for å hindre termisk energiutveksling mellom detektoren og den omgivende luft.

Den diffuse stråling kan måles ved å skjerme av detektoren for direkte solbelysning. Den direkte stråling F_S kan finnes som differensen mellom flukstettheten målt med to instrumenter, et med og et uten avskjermet detektor. For måling av den direkte solstråling hvor det kreves stor presisjon, er imidlertid et pyrheliometer å foretrekke. Også her brukes gjerne en termosløyle som detektor, men instrumentet er utstyrt med en tubus slik at kun stråling fra selve solen slipper inn.

Pyranometre kan også benyttes til måling av flukstetthet på skrå eller vertikale flater.

Beregning av solstrålingsfluks

Kjennskap til komponentene i likn. (7) i aktuelle tilfelle kan oppnås enten ved direkte målinger eller ved beregninger. Noe forenklet kan en skille mellom to metoder for beregning av solstrålingsflukser, nemlig en fysisk og en klimatologisk metode. Den første metoden forutsetter detaljert kjennskap til 1) selve de fysiske prosesser som styrer omsetningen av solstrålingen i atmosfæren og 2) kjennskap til de aktuelle optiske parametre for aerosoler og skypartikler (brytningsindeks, størrelsesfordeling, konsentrasjon), samt fordelingen i rom og tid av disse bestanddeler og av gasser som H_2O og O_3. Er disse forutsetninger oppfylt, kan flukstetthetene beregnes som antydet foran (likn. 1—7). Slike beregninger i tilknytning til målinger under vel definerte forhold danner grunnlag for en rekke studier av forholdene omkring strålingstransporten i atmosfæren.

I en klimatologisk sammenheng er en interessert i å vite hvordan globalstrålingen og den direkte og diffuse stråling varierer med geografisk beliggenhet, årstid og værforhold. Her blir imidlertid beregninger ut fra den fysiske metode fort en uhyre komplisert affære, dels fordi beregningene i seg selv er kompliserte, men mest fordi fordelingen av de strålingsmodifiserende bestanddeler bare i de færreste tilfelle vil være tilstrekkelig kjent til å tillate beregninger med en rimelig grad av nøyaktighet. Fremfor alt er det skyene med sin mangfoldige og komplekse struktur som skaper vanskeligheter.

Ved den klimatologiske beregningsmetode går en delvis utenom disse problemene. Metoden baserer seg på den empiriske sammenheng som eksisterer mellom f.eks. globalstrålingen og standard meteorologiske observasjonsparametre som samlet

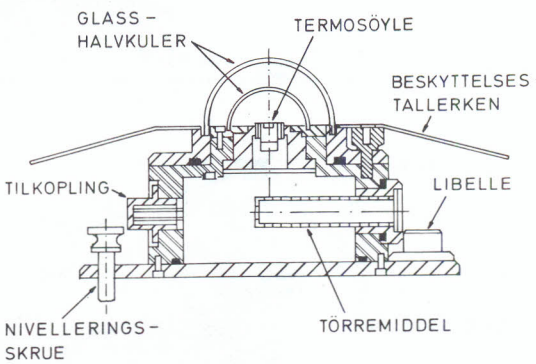


Fig. 5 Snitt gjennom et pyranometer (av fabrikat Eppley). Diameteren på beskyttelsestallerkenen er 20 cm.

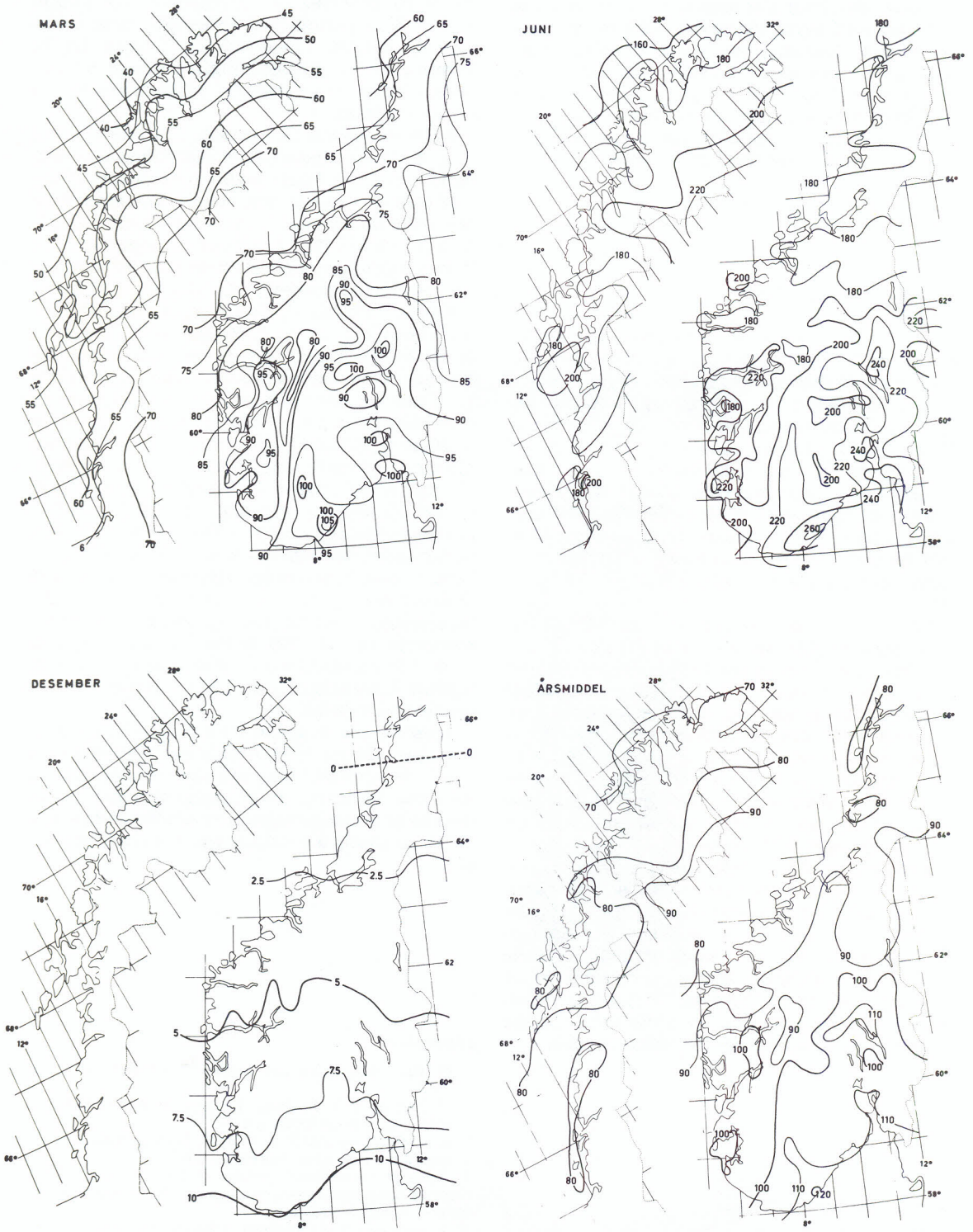


Fig. 6 Fordelingen av globalstrålingen i Norge [3] for utvalgte måneder for hele året. Enheten er Wm^{-2} midlet over døgnet.

skydekke, dvs. hvor stor brøkdel av himmelen som er dekket med skyer, skyhøyde, solskinnstid, nedbørsmengde, fuktighet, osv. At det er en sammenheng her er innlysende: Solskinn gir mer stråling enn ikke solskinn, klarvær gir mer stråling enn overskyet, nedbør er ledsaget av skyer, og gir mindre stråling, osv. Matematisk kan denne sammenhengen uttrykkes ved formler av typen

$$F_G/F_{Go} = a(s/s_0) + b\ , \qquad (8)$$

eller

$$F_G/F_{Go} = a'(1-c) + b'\ . \qquad (9)$$

Her er F_G globalstrålingen ved jordoverflaten midlet over døgnet og F_{GO} den tilsvarende midlere ekstraterrestriske flukstetthet på en horisontal flate. s_0 og s er henholdsvis antallet mulige og antallet observerte solskinnstimer i løpet av et døgn, mens c er det samlede skydekke i enheten 0—1, også midlet over døgnet. Ut i fra målte verdier av F_G, beregninger av F_{GO} samt oberverte verdier av s/s_0 og c kan en ved regresjonsanalyse bestemme koeffisientene a, b og a', b'. Ofte kan det være gunstig å fremstille forholdet F_G/F_{GO} som funksjon av flere parametre samtidig. Høyere ordens ledd kan også være aktuelt.

Empiriske formler av denne typen (likn. 8—9) egner seg best til beskrivelse av de midlere globalstrålingsforhold over et noe lengre tidsrom, så som en 10-dagers periode eller en måned. Formlene ovenfor refererer seg som nevnt til døgnmidler av flukstetthetene, men tilsvarende formler kan også stilles opp som refererer seg til f.eks. de enkelte timer i døgnet. I så fall inngår tiden eller solens zenithvinkel som en av parametrene. På tilsvarende måte kan en stille opp empiriske formler også for den direkte og diffuse stråling.

Ved hjelp av slike formler kan en estimere klimatologiske verdier av solstrålingsfluksene for steder hvor en ikke har strålingsmålinger, men hvor det foreligger observasjoner av standard meteorologiske parametre. En av ulempene ved empiriske formler er imidlertid at koeffisientene influeres av de lokale forhold der hvor strålingsmålingene utføres. Ved anvendelser må en derfor nøye vurdere formlenes representativitet for andre områder.

Globalstrålingen i Norge

Ved Geofysisk Institutt har en ut fra sammenheng mellom globalstrålingen og samlet skydekke (likn. 9) beregnet den månedsvise fordeling av globalstrålingen i Norge [3]. Koeffisientene a', b' ble beregnet på grunnlag av strålingsmålinger foretatt over en 8-års periode ved 5 stasjoner, nemlig Kjevik, Ås, Bergen, Trondheim og Tromsø. Ut fra formlene ble så globalstrålingen beregnet for 217 steder i Norge på grunnlag av 30-års normalen for samlet skydekke.

Noen av resultatene fremstilte i kart-form er vist i Fig. 6. Flukstettheten av globalstrålingen er inntegnet i enheten Wm^{-2} midlet over døgnet. Flukstettheten er naturlig nok minst i desember hvor den avtar fra 10 Wm^{-2} lengst sør i landet til null nord for ca. 65.4°N. I mars er en oppe i ca. 100 Wm^{-2} på Øst- og Sørlandet, mens flukstettheten avtar vestover og nordover. Karakteristisk er her at isolinjene for Nord- og Vest-Norge i store trekk følger kystlinjen, og at strålingen øker innover i landet. Således har en omtrent den samme flukstetthet innerst på Finnmarksvidda som på Mørekysten. Dette har sammenheng med at vindsystemene over Norge stort sett er vestlige, og at en derved får et tettere skydekke i kyststrøkene enn inne i landet. Effekten av Langfjellene markerer seg også tydelig.

I juni er det relativt liten forskjell mellom nord og sør. På årsbasis er denne forskjellen ca. 30 %. Flukstettheten er da typisk 100—110 Wm^{-2} på Øst- og Sørlandet, 90 Wm^{-2} på Vestlandet og 80 Wm^{-2} i Nord-Norge. Kartverdiene refererer seg tilnærmet til havets nivå. Som nevnt øker i alminnelighet globalstrålingen med høyden, og verdiene må derfor korrigeres om de skal gjelde for høyereliggende strøk. I første tilnærmelse vil en økning av de inntegnede flukstettheter med 1 % pr. 100 m være en brukbar korreksjon.

Forøvrig er å bemerke at kartene trolig systematisk viser noe for høye verdier (av størrelsesorden 5 % ?) for deler av Vestlandet og eventuelt Møre og Romsdal. På grunn av et sparsomt materiale når det gjelder strålingsmålinger er imidlertid dette noe det er vanskelig å korrigere for. Forøvrig henvises til 3).

Litteratur

1. H. Parr. *Solenergien kan temmes. Forskningsnytt, Nr. 1, 1975.*
2. H. Parr og S. T. Jacobsen. *Målinger på to solkollektorer i Oslo.* Publ. i Forskninngsnytt, 1977.
3. A. Gulbrandsen and P. O. Tangen. *Solar radiation in Norway.* Publ. i Geophys. Norvegica, 1977.

Av litteratur som omhandler omsetningen av solstråling i atmosfæren og delvis også berører spørsmålet vedr. utnyttelsen av solen som energikilde nevnes:

4. N. Robinson. *Solar Radiation.* Elsevier, Amsterdam, 1966.
5. G. W. Paltridge and C. M. R. Platt. *Radiative processes in metorology and climatology.* Elsevier, Amsterdam, 1976.
6. J. A. Duffie and W. A. Beckman. *Solar Energy. Thermal processes.* Wiley & Sons, New York, 1974.

Nytt verktøy for undervisning

Mikrodatamaskin bare kr. 2.000,– eks. m.v.a.

KIM-I mikrodatamaskin for utvikling og undervisning.
KIM-I er en enkel og rimelig mikrodatamaskin med Rockwell's R6500 mikroprosessor. KIM-I er ideell til opplæring, undervisning og enklere utviklingsoppgaver. Den er USA's mest utbredte og populære "personal computer". KIM-I består av: 2k byte ROM med monitor og I/O rutiner ★ 1152 byte RAM brukerhukommelse ★ Hukommelsen kan økes til 65 k byte ★ 2 stk. 16 bits tellere ★ Heksadesimalt tastatur ★ 6-siffers LED-display ★ TTY-interface ★ Interface til vanlig audio kassettopptaker for lagring av programmer ★ 15 I/O-linjer ★ Detaljert og omfattende dokumentasjon av hardware og programmering.

KIM-I kan utvides!
KIM-I kan utvides etter behov. Vi leverer MICROFLEX hukommelses- og I/O moduler i europastandard, kabinett m/strømforsyning og trykt back-wiring. KIM-I og MICROFLEX-modulene utgjør et meget økonomisk alternativ til egenutviklet hardware. En 8k BASIC interpreter kan leveres, og et rikholdig bibliotek av programrutiner står til disposisjon.

KIM-I bruker 3. generasjon mikroprosessor fra Rockwell.
Rockwell International leverer nå R6500, en 8 bits 3. generasjon mikroprosessor med alle tekniske og økonomiske fordeler:
N-Mos ★ 5 volt ★ Enkle og effektive instruksjoner ★ 13 adresseringsmodi ★ Binær og desimal aritmetikk ★ Adresserer 65k ★ Adresse- og data-bus kompatibel med MC6800 ★ 1 eller 2 MHz klokke ★ 10 software-kompatible CPU-varianter i 28 og 40 pin DIP for anvendelse i små og store systemer ★ Stort program av hukommelses- og periferi-kretser.

System 65. Avansert utviklingssystem til lav pris.
En 3. generasjons mikroprosessor krever et 3. generasjons utviklingsverktøy. SYSTEM 65 er markedets rimeligste, har 2 stk. Mini Floppy Disk enheter og 16k byte RAM brukerhukommelse. MONITOR, EDITOR, ASSEMBLER og DEBUG-programmene ligger lagret i 14k byte ROM. Editering kan foretas i såvel kildeprogram som objekt-kode. SYSTEM 65 har RS 232 og 20mA current-loop interface (110-9600 baud) til TTY og dataskjerm samt Centronics parallell-interface til hurtigskriver. SYSTEM 65 koster kr. 29.900 ekskl. m.v.a.

KIM-I — NÅ OGSÅ MED MEMORY PLUS!
8k RAM og 8k PROM programhukommelse ★ 16 I/O ★ 2 timere ★ PROM programmerer for 2708 og 2716 ★ Samme kortformat som KIM-1. Pris MEMORY PLUS kr. 2400,— ekskl. m.v.a.

Haugan Reklame A/S - Asker

• Mikroprosessorkomponenter • moduler • systemer • konsulenttjeneste.

MICRONOR A·S

Industrivn. 10, 1300 Sandvika. Postboks 96, 1321 Stabekk.
Tlf. (02) 54 51 30. Telex 16101.

Representative in Denmark, Sweden, Finland, Norway for:
Rockwell International
MICROELECTRONIC DEVICE DIVISION

Til Micronor A.S. Postboks 96, 1321 Stabekk.
Vi ønsker nærmere opplysninger om
☐ KIM-1 ☐ Memory plus ☐ R 6500 Mikroprosessorsystemet (kryss av).

Navn_____
Firma_____
Adr._____
Tlf._____

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.
Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo, Blindern.
Dosent R. S. Sigmond, Universitetet I Trondheim, Norges tekniske høgskole.

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

Postgirokonto: 5 88 38 89 **Bankgirokonto:** 5102.20.16001

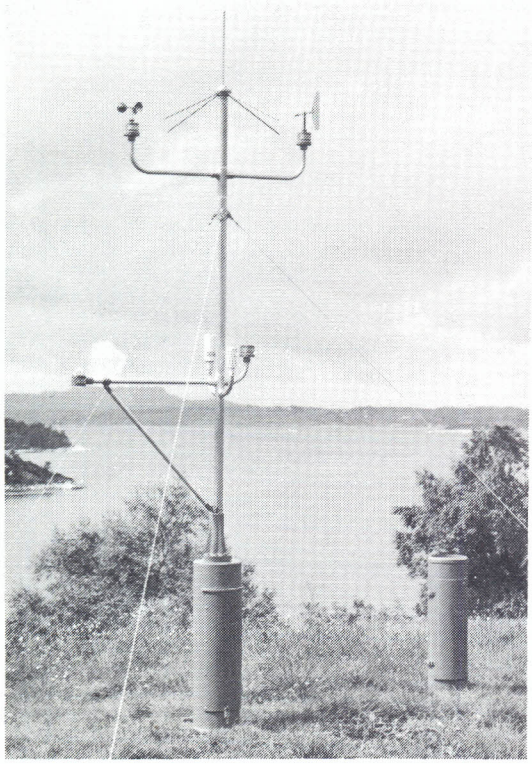
Fra Fysikkens Verden

Redaktør:
Forsker Olav Steinsvoll, Institutt for Atomenergi, 2007 Kjeller.
Redaksjonssekretær:
Lab.ing. Halvard Torgersen, Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.
Redaksjonskomité:
Førsteamanuensis Tryggve Grotdal, Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen, 5014 Bergen.
Forsker Jan Myrheim, EP Division, CERN CH-1211-Geneve 23, Sveits.
Førstelektor Øivin Holter, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, Blindern, Oslo 3.
Lektor K. Jostein Knutsen, Luftkrigsskolen, 7000 Trondheim.
Fagsekretær Helge Klemsdal, Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø.

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 30.00. Årsabonnenment 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: 5 10 47 24 **Bankgirokonto:** 8601.36.12279



AUTOMATISK VÆRSTASJON 2346

er bygget opp omkring datalogger DL-1 som har samme måleprinsipp og registrering som den velkjente Aanderaa strømmåler RCM4. Dataloggen og de flest følere har vært produsert og brukt i en årrekke til forskjellige måleprosjekter.

STRØMMÅLERE

For registrering av styrke, retning og temperatur av havstrømmer. Instrumentene kan også utstyres med følere for registrering av dybde og ledningsevne.

TEMPERATUR MÅLERE

For registrering av vertikale temperatur profiler i sjø og vann.

VANNSTANDSMÅLERE

For nøyaktig registrering av vann-nivå.

AUTOMATISKE VÆRSTASJONER

For montasje på land eller bøye.

DATALESINGSUTSTYR

For oversetting av registrerte data til EDB media.

AANDERAA INSTRUMENTS
DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

Fanaveien 13, 5050 Nesttun, Tel. (05) 27 40 30, Telex 40049aan

NTH-Trykk
Trondheim