Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Fra redaksjonen	1
Fysikermøtet og årsmøtet 1977	2
Problemstillinger og eksperimentelle metoder i kosmisk fysikk	3
Naturvidenskapene og den nyere utvikling i forskningspolitikken	9
Nytt fra CERN	16
Strålingsskader i «arvemolekylene». Del 2	21
Sommerkurs/seminar i fysikk	24
Bøker	8, 20

Kontrollrommet til SPS, CERN, hvor bl. a. 24 norskbygde NORD-10 datamaskiner styrer akseleratoren. Se side 16.

Nr. 1 - 1977
39. årgang

Retningslinjer for manuskripter til

FRA FYSIKKENS VERDEN

Adresse: Til redaktøren sendes manuskripter for artikler, bokanmeldelser, møtereferater, leserinnlegg o. l.

Til redaksjonssekretæren sendes: korrektur, notiser og små meldinger, og annonser. Postadresse finnes på bladets omslag.

Korrektur: Normalt foretas korrektur og uttegning i redaksjonen. Bare hvis det spesielt bes om det blir korrekturavtrykk tilsendt. En går ut fra at mottatte manuskripter er fri for feil, og en kan ikke regne med å gjøre forandringer etter at førstekorrekturen er returnert til trykkeriet.

Særtrykk: Disse bør bestilles samtidig med innsending av manuskriptet. Bestilling mottatt etter at et hefte er trykt og utsendt, kan bare effektueres dersom satsen ikke er styrtet. Særtrykkene faktureres til selvkost.

Manuskripter: Generelle retningslinjer vil en finne bl. a. i: Rapportskrivning. Universitetsforlaget 1971; og: Ove A. Høeg: Vitenskapelig forfatterskap. Universitetsforlaget 1968. Spesielt skal fremheves: tabeller innskutt i teksten bør unngås. Maksimum 2 stk. 1-spalte figurer pr. trykt side. Teksten blir satt med maskinsats, d.v.s. typene støpes som sammenhengende linje. Enkle matematiske formler og uttrykk settes derfor fortløpende (eks.: $y = (ax + b)/x^2$; $t_2 = t_1 (1 + \exp(\tau/RC))^{-1}$). Streker, piler o. l. over eller under bokstavsymboler bør unngås da disse må tilføyes for hånd. Vektorer symboliseres med *fet* skrift. Unntak: maskinen har ikke fete greske bokstaver, så i dette tilfelle brukes understrekning. Symboler med indeks på indeks (eks.: a med indeks T_0) må håndsettes og er derfor uønsket.

I bokanmeldinger brukes skriftstørrelsen petit, og man har ennå sterkere begrensning, bl. a. i muligheter for bruk av sjelden forekommende matematiske tegn, symboler med indeks osv. Redaksjonen må forbeholde seg rett til å gjøre forandringer i manuskriptet når sette-vanskeligheter oppstår.

Figurer trykkes normalt med bredde 1 spalte (= 72 mm) eller mindre. Når figurens utforming og innhold gjør det nødvendig, kan bredde på 1½ spalte trykkes (108 mm). Figurer som krever større bredde enn dette, er uønsket. Til klisjefremstilling kreves fotografier med gode konturer og kontraster, og tydelige streker i strektegninger. Tegninger må utføres slik at når de reduseres til klisje-størrelse, blir linjene ikke tynnere enn 0,15 mm og bokstavene minst 1,5 mm høye.

Artikkelens lengde bør ikke være mer enn 4–5 trykte sider, figurer inkludert. Man må regne med at artikkelen deles på to hefter hvis den er lenger. Til orientering: det går ca. 850 ord på en hel trykt side uten figur og overskrift.

Innlevering: Iflg. kontrakt med Postverket utsendes heftene innen siste dag i de 3 første kvartaler og ca. 15 desember. Ca. 1½ måned før blir manuskripter levert til trykkeriet til setting. Dette blir da tidsgrensen for tilsending av artikler, referater o. l. Små-notiser inntil 10–15 linjer kan tas ennå ca. 2 uker senere. Redaksjonen forbeholder seg rett til å prioritere inntaket av det stoff som mottas.

Trondheim, mars 1977.

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 1 - 1977

Redaktør: OLAV STEINSVOLL
Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

39. årgang

Fra redaksjonen

Fra årsskiftet har en nesten ny redaksjon trådt i funksjon for tidsskriftet vårt. Det er lagt vekt på å få medarbeidere som dekker norsk fysikk både faglig og geografisk. Skrivelystne fysikere vil derfor kunne kontakte FFV's medarbeidere i nærheten når de har noe på hjertet. Vi ser derfor fram til et godt samarbeid innen redaksjonen og med leserne slik at vi sammen kan lage et aktuelt og leseverdig tidsskrift.

«Fra Fysikkens Verden» bør befinne seg et sted mellom dagsavis og fagtidsskrift. Populærvitenskap står ofte ikke høyt i kurs hos fagfolk og spesialister. Det er også ofte slik at en populær framstilling av nye forskningsresultater krever mer arbeid og innlevelsesevne enn en steinhard fagartikkel. Det er derfor vanskelig å finne folk til å påta seg et slikt arbeid. Men det er vanlig å si at en vare ikke er produsert før den er solgt og tatt i bruk; det samme kan vi si om forskningsresultater: Ny erkjennelse er ikke vunnet fullstendig før den spres og deles av større samfunnsgrupper. Det er også vårt ansvar å bidra til å legge forholdene til rette slik at flest mulig kan ta del i og glede seg over vitenskapelige landevinninger. Visse deler av fysisk forskning er dessuten så kapitalkrevende at vi også av den grunn bør gå ut og begrunne de store beløp som blir bevilget.

Gjennom sin virkning på moderne teknikk har ntturvitenskap direkte innflytelse på vår livsstil og materielle levestandard. Ingen annen gren av vitenskapen har som fysikken totalt revolusjonert vår forståelse av verden, fra mikrokosmos til makrokosmos. Resultatene av fysisk forskning har gitt menneskene dypere innsikt i naturlovene, og naturkreftene er i stadig høyere grad blitt temmet og tatt i menneskets tjeneste både til fredelige og krigerske formål. Samfunnet er derfor blitt stadig mer komplisert, både teknisk og sosialt, og spesialister kan få stor makt p.g.a. sin viten. En større forståelse av fysiske forhold av folk flest vil motvirke elitens kunnskapsmonopol, og kan bli et viktig korrektiv til den forskningspolitikk som skal føres.

Bruk og misbruk av naturkrefter og teknisk innsikt er derfor svært aktuelle emner. FFV har flere ganger hatt disse emner til drøfting de siste åra og vi håper å kunne fortsette med det. Fysikerne har ikke noen standardnøkkel til løsning av problemene, men fysiske metoder og apparater vil i stadig stigende grad måtte bli satt inn både for å analysere og utbedre miljøskader og for å redusere og forhindre sjansen for at uhell oppstår. Alternative energikilder, og særlig deres utforming og bruk under norske forhold er det nærliggende å ta opp.

Vi er nå midt oppe i en ny teknisk revolusjon, nemlig bruk av datateknikk. Den første industrielle revolusjon og den tekniske utvikling fram til våre dager kan sees på som en stadig forsterkning av menneskets muskelkraft ved å styre naturkrefter. Bruken av datamaskiner og kalkulatorer innebærer en kraftig effektivisering av menneskets hjerne. Denne nye omveltning skyldes også for en stor del bruk av fysiske forskningsresultater. Opplæring i programmering og ønske om bruk av kalkulatorer i den videregående skolen brer seg mer og mer. Vi ber om at lærere som har erfaring fra slik undervisning bringer sin erfaring videre, fortrinnsvis i spaltene i FFV.

Skolen i Norge har vært under stadig om-

forming de siste åra; samtidig har større og større deler av folket fått høve til å tilegne seg kunnskap og viten. En sitter likevel igjen med det inntrykk at fysikkens andel av lærestoffet er blitt redusert. Tankerekken fysikk-kjernefysikk-atomvåpen ligger nok snublende nær hos mange og har kanskje ført til en ubevisst antifysikkinnstilling hos skolereformatorene. Vi håper etterhvert å kunne bringe anmeldelser av flere bøker som blir brukt i skoler under universitetsnivå (med større vekt på det faglige innhold) for å danne oss et bilde av fysikkens stilling på dette undervisningstrinn. Det er en selvmotsigelse at andre grener av vitenskapen, kjemi, biologi, medisin f. eks., har framgang og feirer store triumfer nettopp når de tar i bruk fysisk appartur og målemetoder – samtidig som faget fysikk svekkes.

De økonomiske forhold for tidsskriftet vårt er ikke særlig lyse, med stadig stigende trykkeriutgifter og innstramming av støtten fra NAVF. Det er derfor sannsynlig at vi må gå over til en annen produksjonsmetode i nær framtid. Økonomien utelukker derfor at vi kan nytte typografiske metoder, f. eks. farger, for å gjøre bladet mer lettlest og inntrykksrikt. Utbredelsen av FFV kan sikkert økes, både i skoleverket, på institusjoner og blant enkeltpersoner, og vi håper leserne vil hjelpe oss i dette arbeidet. Et personlig abonnement koster ikke mer enn kr. 30,– pr. år! I redaksjonen er vi fullt overbevist om berettigelsen av et tidsskrift som FFV, ikke minst når det gjelder skoleverket, og vi håper å kunne lose det velberget mellom skjærene i tida framover.

For redaksjonen
Olav Steinsvoll

Fysikermøtet og årsmøtet, Norsk Fysisk Selskap 1977

Fysikermøtet blir i år arrangert av Fysikkseksjonen, Universitetet i Trondheim/NTH, i tiden 21.–23. juni.

Programmet første dag vil bli innledet av B. Lehnert, Stockholm, som vil orientere om status og perspektiver for termonukleær fusjon. W. T. Welford, Imperial College, London, vil så fortelle om moderne optikk og optikkundervisning. Vi kan vente rapporter fra arbeidet med ny gradsstruktur for universiteter og høgskoler, og et panel av mer og mindre progressive skolefysikere vil debattere fysikkundervisningen under universitetsnivå. I denne siste forbindelse vil vi appellere til fysikklærere i alle skoleslag om å møte opp, delta i debatt, og melde på korte foredrag eller utstillings-presentasjoner («Poster sessions» – Se nedenfor). Om kvelden drar vi i småbåter til Munkholmen for å se oss om og å fiske, spise og prate litt.

Annen dag vil ha mer teknisk preg. Vi har provosert fysikere fra industri og oppdragsforskning ved å spørre: Har de nådd sin posisjon på grunn av eller på tross av sin fysikerutdannelse? Er utdannelsen og markedet tilpasset hverandre? Hvilke fysikalske problemstillinger inngår i deres arbeid i dag? Hvor og hvordan skal vi i fremtiden utdanne fysikere for disse sektorer? Direktør Johannes Moe ved SINTEF, NTH's forrige rektor, vil innlede, og fysikere fra reaktor, olje og andre sektorer vil følge opp. Dagen avsluttes med årsmøte i NFS og med middag på Lian Restaurant i Bymarka (joda, det *er* vei, buss, trikk og drosje).

Siste dag vekkes vi av et foredrag som arrangementskomiteen ennå ikke tør bekjentgjøre. Deretter forteller P. Pusey fra Royal Radar Establishment, Malvern, om fotonkorrelasjonsspektrometriske undersøkelser over makromolekyler.

I tillegg til hovedpunktene nevnt over håper vi på mange kortere bidrag fra møtedeltakerene. Vi vil helst presentere disse i «poster sessions», utstillingssesjoner. Selve arbeidet eller et fyldig sammendrag av dette må da foreligge oppstensilert til utdeling ved registreringen første dag, mens resultater, utskrifter, fotografier eller endog apparatur vil bli utstilt på tavler og bord og presentert av forfatteren, omtrent som på en varemesse. Vi vil også oppfordre hele forskningsgrupper til å presentere sine arbeidsprogram på denne måten. Gi kommentarer på påmeldingsskjemaet som støtte for vårt videre arbeid med arrangementet!

Arrangørene håper på hyggelig samvær også i lunsjpausene, og ber om at flest mulig tegner seg på det felles lunsjarrangement.

Vi har reservert rom på Singsaker Studenthjem. Romtyper og priser er gitt på påmeldingsskjemaet. Gi beskjed om annen innkvartering ønskes arrangert.

Påmeldingsfristen er som vanlig 1. mai. Re-

(Forts. side 24)

Problemstillinger og eksperimentelle
metoder innen kosmisk geofysikk anno 1976

Bernt N. Mæhlum

Innledning

Jordens magnetosfære er definert nokså upresist som den delen av verdensrommet hvor de fysiske prosessene domineres av jordens magnetiske felt. Vi kan derfor si at magnetosfæren er begrenset utad ved en ikke for vel definert *magnetopause* som tilsvarer overgangen til solvinden, og inn mot jorden rekker magnetosfæren – ifølge definisjonen – et stykke ned i ionosfæren.

Tradisjonelt har vi gjerne skilt mellom ionosfæren og magnetosfæren. Grunnen til dette er den at «klassisk» ionosfærefysikk primært behandlet dette mediet ut fra nyttehensyn: Hvordan fungerer de ionosfæriske lagene som reflektorer for radiobølger og hvilke fysikalske prosesser virker gunstig og hvilke virker ugunstig for radiokommunikasjon? Magnetosfæren, derimot, har helt fra starten vært et lekeområde for plasmafysikere. Et område som ingen praktisk nytte har i seg selv, men som kan brukes som et ubegrenset laboratorium for naturlige og kontrollerte plasmaeksperimenter, eksperimenter som kan overvåkes fra satellitter, raketter og fra bakken.

Fysiske fenomener i ionosfæren og i magnetosfæren er så sterkt koplet at det nå synes kunstig å diskutere de to områdene hver for seg. For noen år siden betraktet en den øvre atmosfæren som et område der det magnetosfæriske plasmaet gikk tapt og den tapte energien gikk over i ionisasjon og eksistasjon. Nå er det imidlertid ting som tyder på at deler av det magnetosfæriske plasmaet i virkeligheten har sin opprinnelse i ionosfæren. I denne artiklen vil det bli gitt en oversikt over noen av de mest aktuelle problemene i kosmisk geofysikk, og spesiell vekt blir lagt på hvordan en nasjonalt og internasjonalt vil angripe problemene eksperimentelt.

Artiklen faller naturlig i fire deler:

1) Først vil hovedpersonen, *magnetosfærens* fysionomi ble presentert,
2) så vil en del av hans mest interessante fysiske problemer bli gjennomgått.
3) Dernest følger en gjennomgåelse av forskjellige, nye, diagnostiske metoder for å klarlegge problemene.
4) og til sist vil det nyeste, og mest avanserte diagnostiske hjelpemidlet som planlegges, nemlig NASA-ESRO's romfergeprosjekt, bli omtalt i noe detalj.

Cand.real. Mæhlum er forsker ved Forsvarets Forskningsinstitutt, Kjeller.

Magnetosfæren

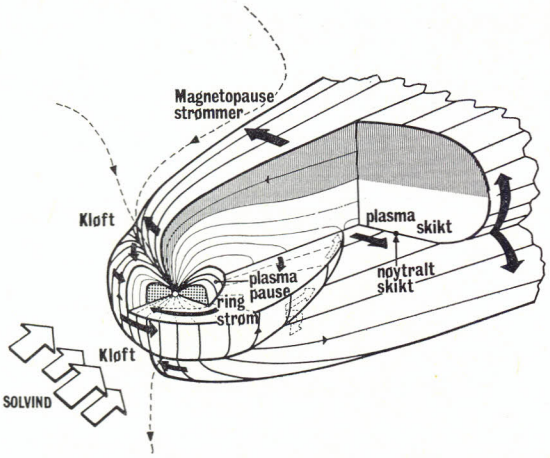
Våre kunnskaper om jordens magnetosfære er stort sett oppnådd de siste ti-femten årene, det vil si etter at raketter og satellitter ble tatt i bruk i kosmisk geofysikk.

Allerede tidlig i dette århundret var nordlysforskere klar over at nordlyssonens form avhenger av jordens magnetfelt. Vi kan si at nordlyset gir et slags «fotavtrykk» av prosesser i jordfeltet, og det var en viss interesse for å beregne hvordan nordlyspartiklene beveger seg i jordens felt under påvirkning av Lorentzkraften. Størmer var her en pioner, men han gjorde en fundamental feil ved å anta at jordens felt er fullstendig dipolformet. D v s at magnetosfæren har en uendelig utstrekning.

Chapman og Ferraro var de første til å omtale en slags rudimentær «solvind», en strøm av ionisert plasma fra solen som begrenser magnetfeltet på jordens dagside som følge av strømmer indusert i plasmaet. Chapman og Ferraro's magnetosfæremodell diskuterte bare hvordan jordfeltet var deformert nær middagsmeridianen, og var derfor nærmest en endimensjonal modell.

Etter som de magnetiske målingene fra raketter og satelitter ble tilgjengelige ble de magnetosfæriske modellene mer og mer kompliserte. På jordens dagside har magnetosfæren etter de seneste målingene en utstrekning på 9–10 jordradier fra jordoverflaten, mens på nattsiden er feltet trukket ut i en lang «hale», som vi ikke riktig kjenner lengden av.

Magnetosfæreforskningen kan deles opp i tre deler, og i hver og en av disse er det en rekke



Figur 1 Dagens bilde av magnetosfæren. Utskjæringen viser magnetosfærens indre struktur.

interessante problemer som jeg kommer tilbake til etter hvert:

1) Hva skjer i magnetopausen? Hvordan foregår koplingen mellom solvinden og magnetosfæren, og hvordan definerer solvinden magnetosfærens form?
2) Magnetosfærens indre dynamikk. Hvordan samvirker elektriske og magnetiske felter og plasmaet, og hvordan kan dette samvirket føre til at energi- og retningsfordelingen av de ladete partiklene varierer sterkt i tid og rom?
3) Hvordan samvirker den øvre atmosfæren med magnetosfæren, og hvordan foregår energitransporten mellom magnetosfæren og atmosfæren? Vi vet at energirike partikler gir fra seg energi til atmosfæren ved å eksitere og ionisere de øvre luftlagene, men det er også en strøm av ionisert plasma *fra* ionosfæren ut i magnetosfæren. Videre: hvordan virker de ioniserte lagene i jordens øvre atmosfære inn på de elektriske strømmene som flyter langs kraftlinjene?

Magnetosfærefysikken bærer i seg komponenter fra mange grener av fysikken, både fra optikk, elektromagnetisme, plasmafysikk og astrofysikk i tillegg til fysikalsk kjemi. Dette er vel en av årsakene til at det ikke er mulig å stille opp mer enn første-ordens modeller av magnetosfæren. En annen årsak til at «høyre ordens» modeller ikke eksisterer er forbundet med måletekniske problemer. Riktignok er dette feltet preget av meget avanserte måle- og dataanalysemetoder, men skal en innen rimelig økonomisk ramme observere en betydelig del av det store volumet som magnetosfæren oppfatter, må en ta i bruk fjernmåling, og her er vi dessverre ennå ikke kommet særlig langt. Derfor kan ennå ingen «self-consistent» modell presenteres der både magnetiske og elektriske felter, de ladete partiklers bevegelse og det totale energibudsjettet er tatt i betraktning.

Noen aktuelle problemer

Tidlig introduserte en to antakelser som har med elektrisk ledningsevne å gjøre for å forenkle vårt bilde av magnetosfæren og solvinden:

1) For det første ble det antatt at ledningsevnen i solvinden er uendelig, og
2) dernest ble det antatt at ledningsevnen er uendelig langs de magnetiske kraftlinjene i magnetosfæren.

Dette betyr (i) at de solare magnetlinjene beveger seg med solvinden, og (ii) at jordens magnetiske kraftlinjer er ekvipotensialer. La oss se litt på konsekvensene av disse antakelsene:

Hvis solvinden var supraledende, ville det ikke være noen magnetiske kraftlinjer som kunne diffundere inn og ut av plasmaet, og jordens magnetosfære ville bli liggende som en innkapslet «svulst» inne i solvinden uten magnetisk kopling til det interplanetære rommet. Som en følge av dette ville elektrisk ladete partikler i solvinden bare kunne trenge inn i jordens magnetosfære på *tvers* av feltlinjene, f eks ved diffusjon, en prosess som er langsom og som vesentlig kunne finne sted langs flankene av magnetosfæren. Vi kaller dette en *«lukket» magnetosfæremodell.*

En rekke studier av tidsvariasjoner i plasmatettheten i solvinden og i jordens øvre atmosfære viser at det må være en *direkte* magnetisk forbindelse mellom solvinden og den lavere delen av magnetosfæren. Det viser seg nemlig at hurtige økninger i solvindens tetthet kan forplante seg ned til nordlyssonen i løpet av sekunder. Dette kan kun forklares hvis det er en direkte kanal gjennom magneopausen der partiklene kan «smette» inn. Bl a denne oppdagelsen ledet til den *«åpne» magnetosfæremodellen* som kjennetegnes ved at en del av de geomagnetiske kraftlinjene som har sitt fotpunkt på dagsiden av jorden er forbundet med de magnetiske kraftlinjene inne i solvinden (Figur 1), en modell som var teoretisk forutsagt av James Dungey for flere år siden. Området der solvindfeltlinjene kommer ned til jorden kalles magnetosfærens «kløft», og feltlinjene herfra går til dels *rett ut* i solvinden, dels via jordens magnetiske hale. Hvordan koplingen mellom solvindens og magnetosfærens kraftlinjer oppstår vet vi ikke, men den opptrer tilsynelatende lettest når solvindens

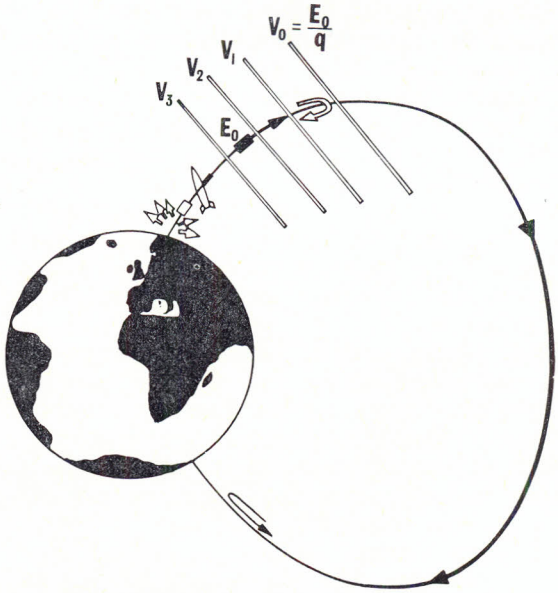
felt er sydrettet, d v s parallelt med jordfeltet på høye bredder. Vi vet heller ikke nøyaktig på hvilken geomagnetisk bredde denne kløfta ligger til enhver tid.

Som nevnt har solare partikler adgang til magnetosfæren ned i kløfta. Dessuten kan det polarisasjonsfeltet som dannes tvers over halen på grunn av at magnetosfæren splitter solvinden «suge» ladete partikler inn i halen nær ekvatorplanet. Vi har her et område der magnetfeltet er null (*nøytralskiktet*), og elektroner vil trekkes inn fra aftensiden og protoner fra morgensiden.

Hva som deretter skjer med disse partiklene inne i halen er usikkert, men visse trekk er klarlagt. Det er en strøm av plasma *mot* solen relativt nær jorden og *fra* jorden lengre nede i halen, og punktet der strømmen snur flytter seg med tiden.

Etter å ha gjennomgått forskjellige akselerasjonsprosesser og redistribusjon i magnetosfæren vil en del av partiklene ende opp i strålingsbeltene eller i den øvre atmosfæren. Den interne partikkeldynamikken i magnetosfæren er kompleks, og direkte målinger av prosessene er vanskelige. Indirekte studeres disse prosessene ved at en prøver å etablere et helhetsbilde av rom- og tidsvariasjonene i retnings- og energifordelingen av de magnetosfæriske elektroner og protoner under varierende geofysiske forhold. Intet felt i moderne kosmisk geofysikk er så vel beskrevet i litteraturen, og på dette feltet har også flere norske grupper, spesielt Universitetene i Bergen og Oslo og FFI vært aktive. Imidlertid, å etablere et instantant bilde av alle disse parametrene er umulig. I heldige tilfeller har vi 2–3 samtidige punktmålinger fra satelitter. (i en magnetosfære på 10^{15}–10^{16} km^3!). I prinsippet kan en ekstrapolere plasmaets bevegelse bakover i tiden og si noe om dynamikken i magnetosfæren fra *en* satelittobservasjon, men for å få en noenlunde sann modell av den storstilte dynamikken er det nødvendig enten (i) å ha mange satelitter plassert i forskjellige deler av magnetosfæren med tilsvarende enorme økonomiske uttellinger eller (ii) å finne målemetoder som tillater overvåking av et større volum av magnetosfæren fra noen få punkter. Ønsket om fjernmålinger av magnetosfæriske prosesser er gammelt, men foreløpig er vi bare på krabbestadiet.

Den eldste fjernmålingsmetoden besto i å studere «fotavtrykket» av de magnetosfæriske prosessene, d v s nordlysets dynamikk. Ideen var at rom- og tidsvariasjonene i nordlyset *ekstrapolert oppover* langs de geomagnetiske kraftlinjene skulle kunne fortelle oss noe om *hvor* og *hvordan* akselerasjonsmekanismene virker i magnetosfæren. I prinsippet er det mulig å utføre slike studier dersom de geomagnetiske feltlinjene er nøye kjent (hva de desverre ikke er) og det er betegnende at nordlysforskere som aldri har observert et nordlys synes å ha mer tro på denne metoden enn oss som nesten daglig minnes om hvor komplekst et nordlys i virkeligheten er.



Figur 2 En elektronpuls sendt ut fra en sonderakett *oppover* vil enten reflekteres fra motsatt halvkule og således måle feltlinjens totale lengde, eller reflekteres fra en potensialbarriere og derved gi informasjon om elektriske felter langs de jordmagnetiske kraftlinjene. Pulser som sendes *nedover* vil kunne brukes til å studere spredningsprosesser i jordens atmosfære.

Et av problemene med bakkeobservasjoner av nordlys er at det er meget vanskelig å skille mellom «finstruktur» og «grovstruktur» i nordlysvariasjonene. De siste årene er det derfor satt i gang satelittovervåking av nordlys ved hjelp av fjernsynskameraer. Ved disse får vi oversiktsbilder over større områder, slik at detaljer av størrelse mindre enn noen få kilometer undertrykkes. Slike bilder har vist seg å være meget verdifulle for fjernstudier av magnetosfæriske prosesser. Videre har samtidig flymålinger fra den sydlige og nordlige halvkulen lært oss en del om i hvilken grad de geomagnetiske kraftlinjene er deformert i nordlyssonen.

Nylig er tatt i bruk *aktive* eksperimenter fra raketter for å studere kraftlinjenes fasong. John Winckler, University of Minnesota, har sammen

med en gruppe av forskere sendt opp flere raketter med elektronkanoner som har skutt elektronpulser opp langs kraftlinjene (Figur 2). Gangtiden for den reflekterte pulsen fra den sydlige halvkulen ble brukt for å studere magnetfeltets form. I de tilfellene han studerte kunne Winckler vise at:

1) De geomagnetiske kraftlinjene som har sitt fotpunkt i nordlyssonen er i samsvar med teoretiske modeller, lite deformert fra dipolformen i perioder med lav geomagnetisk aktivitet.
2) De geomagnetiske linjene var meget nær ekvipontensiale.

Vi skal merke oss at disse konklusjonene neppe gjelder for mer forstyrrete geomagnetiske forhold. Dette bringer oss over til antakelse to som tidligere nevnt: at ledningsevnen langs kraftlinjene er uendelig stor, d v s at kraftlinjene er kortsluttet.

Laboratoriestudier, blant annet ved Universitetet i Tromsø, har vist at det kan eksistere betydelige potensialvariasjoner langs de magnetiske kraftlinjene i et plasma som følge av at ledningsevnen reduseres sterkt ved lokal bølge-partikkel samvirke eller vet at elektriske dobbeltlag settes opp. Det har vært forslått at slike fenomener, hvis de fantes i magnetosfæren, ville kunne aksellerere magnetosfæriske protoner og elektroner og kanskje forklare nordlyspartiklenes energi. Nyere observasjoner av partiklenes energi – og retningsfordeling synes kvalitativt å støtte denne antakelsen, men det er vanskelig å stadfeste i hvilken høyde de elektriske feltene ligger, hvor sterke de er og hvordan de er oppstått. En måte å fjernmåle feltene på er å skyte elektriske ladete partikler opp langs kraftlinjene fra en sonderakett og forsøke å måle hvor lang tid det tar før de returnerer. Dette er et vanskelig eksperiment, men FFI planlegger å gjøre det første forsøket neste vinter på Andenes i samarbeid med universitetene i Bergen og Oslo og med NASA (se Figur 2).

Hvis en kan etablere at elektriske felter eksisterer langs de geomagnetiske kraftlinjene, ville en også kunne forklare at det flyter elektriske strømmer langs de samme linjene. Slike strømmer, som gjerne kalles «Birkeland-strømmer», er av stor betydning for magnetosfærens dynamikk, idet de magnetosfæriske strømmene via disse kan «kortsluttes» i ionosfæren.

Vi er nå kommet ned i ionosfæren, og det er vel riktig å si at interessen for denne er noe dalende, blant annet på grunn av områdets reduserte betydning for radiokommunikasjon. Det er, imidlertid, mange problemer som gjenstår og løse når bedre observasjonsmetoder blir tilgjengelige for å overvåke den nøytrale og den ioniserte delen av ionosfæren med høy tidsoppløsning.

Et av de høyt prioriterte ionosfæriske eksperimentene i framtida består i å injisere en kjent energimengde i 100 km høyde og observere de elektrodynamiske, termodynamiske og kjemiske prosessene under kontrollerte forhold. Et rudimentært eksperiment av denne typen er allerede utført i samband med at Skylab-raketten ble skutt opp.

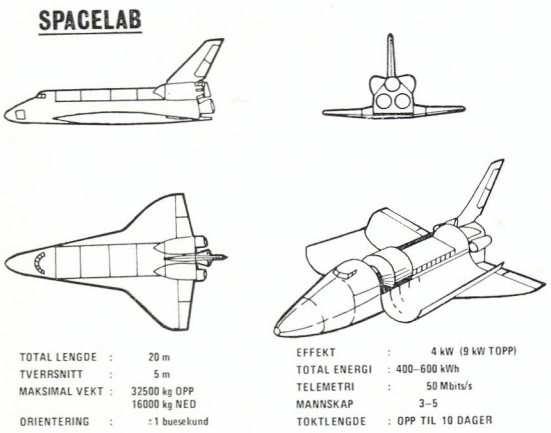
Den varme vanndampmengden fra bæreraketten ble blåst ut i ionosfæren og en kunne fra bakken observere en dramatisk endring i ionisasjonen i de øvre ionosfæriske lagene, og verdifull ny kunnskap ble oppnådd. Et tilsvarende eksperiment i mindre målestokk er under planlegging ved FFI for å studere tapsprosessene i nordlys-D laget under kontrollerte forhold. Jeg skal senere komme tilbake til vesentlig mer raffinerte eksperimenter av denne art som er planlagt for 1980-årene.

Framtida

Etter denne korte oversikten over status, la meg gå over til framtida. Det er tre store, internasjonale prosjekter som planlegges for den neste 10-års perioden for å studere magnetosfæren fra bakke-, rakett- og satelittmål.

For det første vil det Internasjonale Magnetosfæriske Studieåret 1977 (IMS) gi en ny start for mer eller mindre konvensjonelle bakke- og rakett-metoder i nordlyssonen, samtidig med at den geostasjonære satelitten GEOS dekker ekvatormagnetosfæren. Hva dette programmet vil gi av nye resultater utover rent morfologi er usikkert, men håpet er at samtidige målinger i ekvatorplanet og nær jordoverflaten på samme magnetiske kraftlinje skal kunne fortelle noe om magnetosfærens dynamikk.

For det andre, og av vesentlig større betydning for norske forskningsgrupper, ventes ionosfæreradaren EISCAT å komme i sving om noen år. Denne vil bli den sjuende av slike installasjoner i verden med hvilke en kan observere *flere* ionosfæriske parametre samtidig ved å studere inkoherent tilbakespredte radiosignaler fra ionosfæren. EISCAT vil bli et verdifullt supplement til den eksisterende bakke-, ballong- og rakett-aktiviteten i Nord-Skandinavia når den kommer i gang i 1977. Mens vi er innen ionosfæren vil jeg også nevne et annet instrument som også vil bli av stor betydning for Tromsø Universitets geofysikkgruppe, nemlig installasjonen (PRE) som i disse dager er kommet i



Figur 3 Aktuelle data vedrørende SPACELAB.

gang for å observere variasjoner i den lavere ionosfæren ved hjelp av partielle radiobølgerefleksjoner i D-laget.

Det tredje internasjonale programmet som skal nevnes er et samarbeidsprosjekt mellom NASA og ESA. Dette går under navnet SPACELAB, og bak dette navnet skjuler seg et avansert romlaboratorium som skal bæres opp og ned i magnetosfæren ved hjelp av NASA's romferge. I Figur 3 er antydet hvordan SPACELAB vil bli montert i lasterommet til en romferge, og noen data for romlaboratoriet er også gitt i figuren.

Med SPACELAB vil det i 1980-årene bli utført en lang rekke aktive og passive magnetosfæriske eksperimenter som kosmofysikere og plasmafysikere har drømt om i mange år. På grunn av at Norge valgte å stå utenfor ESA kan dessverre norske forskere vanskelig delta i dette prosjektet.

Det er flere grunner til at SPACELAB er velegnet for avanserte studier i plasmafysikk og kosmisk geofysikk:

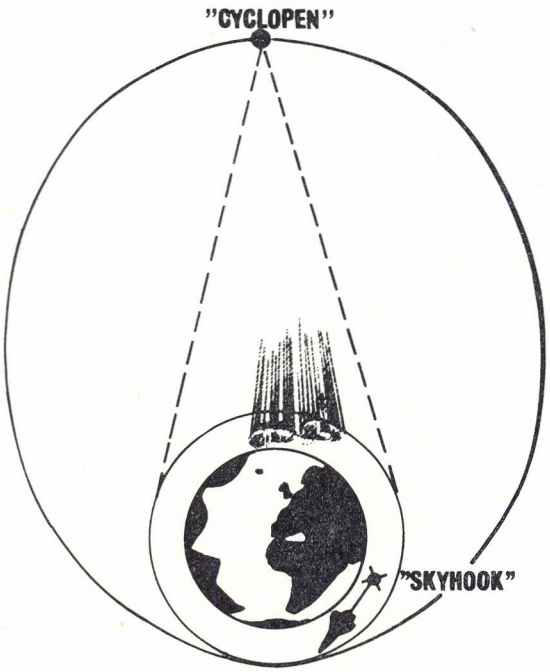
1) For det første vil fartøyet bli bemannet med vitenskapelig og teknisk personell som kan gripe aktivt inn i måleprosessene og – om nødvendig – reparere instrumentene i rommet. Dessuten vil fartøyet lande på jordoverflaten etter hver måleperiode med instrumentene intakt for nye tokter.
2) Tilgjengelig volum og vekt vil tillate bruk av mer avansert eksperimentell teknologi enn hva som er vanlig på konvensjonelle satelitter, inkludert utskytingsplattformer for sekundærsatelitter og raketter og montasje av flere kilometer lange antenner.
3) På grunn av romfergens størrelse og fleksibilitet kan det fra denne utføres aktive eksperimenter for å modifisere mangetosfæren under kontrollerte forhold.

Den vitenskapelige planleggingen for bruk av SPACELAB i kosmisk geofysikk har pågått noen år. Etter flere sporadiske møter i USA ble det i 1974 satt ned en gruppe av forskere som skal vurdere prioriteringen av eksperimenter og instrumenter for de første SPACELAB fluktene i 1980–1981. Gruppen, som kalles *AMPS*-komiteen, består av 54 personer. Av disse er 11 fra Europa (hvorav to fra Norge), 1 fra Japan og resten fra USA.

Gruppen har nå samlet seg om seks typer standardinstrumenter som skal brukes for å utforske spesielle magnetosfæriske problemer.

1) For det første ønsker en å montere elektron- og ionekanoner på SPACELAB, som dels kan brukes diagnostisk, dels til å modifisere atmosfæren og magnetosfæren. Bl a har det vært på tale å produsere kunstig nordlys og å varme opp atmosfæren med høy-effekt elektronkanoner.
2) Tilsvarende eksperimenter vil også bli utført med en plasmakanon som er under utvikling.
3) Dernest vil nøytrale, termiske, ioniserte og uioniserte gasser slippes ut fra SPACELAB for å studere samvirket mellom gassene og det omkringliggende plasmaet og for å modifisere omgivelsene. Ved disse skyene vil en kontrollert kunne endre den elektriske ledningsevnen i plasmaet og derved kortslutte eller bryte de elektriske strømsystemene, prosesser som ventes å ha interessante plasmafysiske konsekvenser.
4) Utsendelse av sekundærsatelitter og raketter for å utvide den «aktive størrelsen» av SPACELAB. Dette er en meget viktig del av prosjektet, og dette vil også kombineres med oppskyting av raketter fra bakken *under* SPACELAB.
5) Et helt spektrum av store og små sender- og mottakerantenner for studier av naturlige og kunstig genererte elektromagnetiske og elektrostatiske bølger. Det har vært foreslått antennelengder opp til 100 km, men i alle fall vil 5–10 km antenner bli brukt.
6) I tillegg til disse spesielle instrumentene er det planlagt et stort plasmadiagnostisk observatorium som skal inneholde partikkelanalysatorer for å måle energi- og retningsfordelinger av plasmaet, strålingsmonitorer i optisk- og røntgenstråleområdet samt instrumenter for måling av det elektriske og magnetiske miljøet nær SPACELAB.

Plassen tillater ikke en detaljert gjennomgå-



Figur 4 Omtrentlig geometri for CYCLOP- og SKYHOOK-eksperimentene.

else av alle de 150 foreslåtte eksperimentene på SPACELAB, men eksempler vil demonstrere dimensjonen på mulige eksperimenter.

University of Alaska har foreslått at det skytes ut et optisk observatorium i eksentrisk bane fra romfergen med apogeum over nordpolområdet. (Se figur 4). Dette observatoriet vil kunne overvåke hele nordlyssonen med TV-kamera sammenhengende to hele timer under hvert omløp. Således vil langvarige «stormer» i jordfeltet kunne følges i detalj.

University of California har foreslått at en subsatelitt skal taues etter fergen i en 100 km lang wire. I samband med elektronkanonskuddene vil det settes opp korte strømpulser langs wiren, og disse vil generere Alfvén-bølger som således kan studeres under konrollerte forhold.

Smithsonian Institution har foreslått at en satelitt (SKYHOOK) taues etter fergen i 100 km høyde for å studere temperatur, tetthet og ionisasjon i det ionosfæriske E-laget.

National Oceanic and Atmospheric Administration har foreslått et atmosfærisk modifikasjonseksperiment ved at 600 kg molekylært oksygen frigjøres fra en rakett i 140 km høyde. Raketten vil, på grunn av at den er skutt ut fra fergen, ha en fart på flere kilometer per sekund, og det ventes at oksygenet vil overføre til atmosfæren en total energi på 6×10^8 Joule. Dette kan lede til en temperaturøkning på 3000 K og en ionetetthet på nesten 10^9 cm^{-3} med et tilsvarende intenst nordlys.

La meg også nevne at det norske forslaget, som var sendt inn av FFI og NTH, baserer seg på bruken av 2–3 subsatelitter, mellom hvilke vi ønsket å sende LF og HF radiobølger for å studere hvordan forskjellige plasmaresonanser varierer med vinkelen mellom bølgevektor og lokal geomagnetisk feltvektor.

Sluttord

Jeg har her, til dels i summarisk form forsøkt å gi en oversikt over en del av de viktigste problemene i magnetosfæren og hvordan en eksperimentelt vil angripe dem i den neste ti-års perioden. Jeg har underslått de eksperimentene som planlegges for å studere den nøytrale atmosfæren. Det ble det ikke plass til.

La meg til sist si at jeg tror at SPACELAB vil gi plasmafysikken og kosmisk geofysikk et boost i 1980-årene. Neste år vil de offisielle invitasjonene til eksperimentforslag foreligge. Hvis Norge til da har revidert sitt medlemsskap til ESA, har vi her muligheter for å delta i et interessant, viktig og – til satelittprosjekt å være – billig plasmafysikk-prosjekt av dimensjoner.

Bøker

Bela A. Lengyel: Lasers. John Wiley & Sons 1971. 385 sider. Pris £ 7.00.

Optikken har de siste par årtier hatt en oppblomstring som vel var uventet for mange. Denne rivende utviklingen skyldes ikke minst oppfinnelsen av laseren. Boken som foreligger til anmeldelse, er andre utgave av en innføring i det teoretiske grunnlag for, og konstruksjonen av forskjellige typer av lasere.Det er selve laseren som er hovedtemaet – ikke de utallige anvendelser av dette viktige hjelpemiddel.

Det blir lagt vekt på å unngå bruk av et avansert teoretisk apparat. Dette betyr bl.a. at hvor det er mulig, blir framstillingen holdt innenfor rammen av klassisk og halvklassisk fysikk.

Forfatteren har stort sett lyktes med å gi en klar og lettlest innføring i sitt emne. Han sier selv at boken er beregnet på lesere med en bakgrunn som den man får ved «the better schools of engineering in the United States». Med den skjebne fysikkfaget har fått ved vår tekniske høgskole, kan det konstateres at bare et fåtall av de uteksaminerte ingeniører vil kunne lese en bok som denne. Men svært mange ville ha god bruk for den.

Njål Hole

Naturvidenskapene og den nyere utvikling i forskningspolitikken

Foredrag ved årsmøtet i Norsk Fysisk Selskap, juni 1976

Helmer Dahl

Forskningspolitikk

I vårt århundre har det foregått en betydelig endring i synet på videnskapelig aktivitet, og det skyldes ikke bare at omfanget har øket. Omkring århundreskiftet var videnskapen en tilbaketrukket virksomhet hvor initiativet nesten helt ut berodde på videnskapsmennene selv og hvor den økonomiske rammen var trang. Hva vi idag kaller anvendt videnskap eller utvikling berodde mest på enkelte personers pågangsmot, enten innenfor firmaer eller som frittstående oppfinnere.

Det er alminnelig å si at den store forandringen kom med den annen verdenskrig og at utviklingen plutselig er blitt eksplosiv. Det er nok et optisk bedrag. Utviklingen har vært så noenlunde eksponensiell i lang tid, sannsynligvis i flere hundre år[1], men som ved all eksponensiell vekst, er det først nokså sent at man blir oppmerksom på hva som foregår og talen om eksplosjoner begynner. De muligheter og endringer som forestår blir vanskelige å forstå uten i dette perspektivet.

Veksten har vært omkring 8–15 % pr. år i antall forskere og i penger, eller mellom en dobling og en tredobling hvert ti-år. Når mange ti-år er gått begynner de summer som anvendes å bli formidable og det melder seg to spørsmål. Det ene er hvorfor vi trenger så meget forskning og hvorfor vi foretrekker det ene emne fremfor det annet, det andre er når veksten må begynne å bremse. Folk med sans for humor regner ut når hele yrkesbefolkningen består av professorer.

Ved å stille slike spørsmål oppstår begrepet forskningspolitikk. Fordi summene blir store og fordi virkningene av forskningsresultatene på samfunnets utvikling og på økonomien er betydelig, blir den videnskapelige aktivitet efterhvert oppfattet som noe annet enn en privatsak for enkeltpersoner eller institusjoner, og egentlig som et nasjonalt anliggende.

Forenklet er forskningspolitikk å begrunne hvorfor vi satser så og så mange penger og beskjeftiger så og så mange folk akkurat på den eller den oppgaven. Slike spørsmål er lette å stille, men vanskelige å besvare. Både svarene og de administrasjonsformer vi finner i forskjellige land er forbausende uensartede. Enkelte har sine tvil om det er mulig å formulere en nasjonal forskningspolitikk, og vil hevde at vi skjuler bak endel teoretisering at vi i alle tilfeller gjør valg, bygget på skjønn og gjetninger.

For å få en oversikt delte man i første omgang forskningen inn i kategorier, som: ren forskning eller grunnforskning, anvendt forskning, utvikling, målrettet forskning, objektforskning osv. Ved siden har vi inndelingen efter de klassiske universitetsdisipliner. Samtidig øket interessen for hvorledes forskningens resultater virker inn på omgivelsene. Vi fikk begreper som utbredelse eller diffusjon av forskningsresultater og måling av diffusjonstider – som viste seg å være overraskende lange. Det oppsto en videnskapsfilosofi og en forskningssosiologi, og ikke minst en økonomisk vurdering av forskning, hvor det ble en alminnelig mening at forskning er et meget godt investeringsobjekt. Mot dette ble innvendt at det er *bruken* som er økonomisk og samfunnsmessig viktig, og vi fikk begrepet utviklingspotensial som er et slags integral av kunnskapsnivå og antall innbyggere på vedkommende nivå.

Ved denne oppdelingen kom en viss avklaring, ved at vi fikk en oversikt over hvor stor innsatsen er i naturvidenskapene og dens forskjellige grener i teknologien, videre i filologien, i rettsvesenet osv. Dette var det første stadium. Vi fikk se hvorledes innsatsen fordelte seg i penger og årsverk på de forskjellige områder. Denne inndelingsmåten har fortsatt sin betydning, særlig efter at de forskjellige land ble interessert i å sammenligne seg. I første omgang var det vanskelig, for de statiske metoder var ikke ensartede. Et stort arbeide ble nedlagt av UNESCO og OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) og det lykkes å komme frem til kodifiseringer som ble anvendt av de fleste. Dette stadium nådde vi i 60-årene.[2]

Den enkleste offentlige styring av forskningen er finansieringen, og omtrent på denne tiden ble de fleste land interessert i en mer bevisst styring av den økonomiske utvikling, og så på

forskningen som et av de viktigste virkemidler. Mange land, og blant dem Norge, brukte planbudgett systemet, dvs. at budgettering på relativt kort sikt sees som en del av en mer langsiktig plan. Det viste seg ikke lett å kombinere dette med begrepene i forskningspolitikken, og det oppsto en stor interesse for profilanalyser, dvs. langsiktige betraktninger over utviklingstendensene over en mer eller mindre bred front. En mer moderne form er objektbudgettering (som ikke brukes i Norge) hvor hensikten med virkningen av vedkommende budgettering blir vurdert.

For å gjøre en meget lang historie kort, er man ved dette i organisasjon av forskning på vei bort fra en disiplininndeling og over i en klassifisering efter samfunnsmessige funksjoner, idet vi bedømmer forskningen ut fra bruksformen. En inndeling som er alminnelig for tiden er:

a. Sikkerhet og «big science»,
   som forsvar, sivil romforskning, sivil kjerneforskning.
b. Økonomisk utvikling,
   som industri og grubedrift, landbruk, økonomiske tjenester.
c. Offentlige tjenester,
   som helse, forurensninger, velferd.
d. Fremme av videnskap,
   som økonomisk støtte til forskning ved universiteter og gjennom alminnelige bevilgninger til andre institusjoner inkl. privat industri.
e. Diverse,
   som støtte av forskning i u-land.

En studie av forskningen i OECD-landene (dvs. Vesten pluss Australia og Japan) deler objektene inn i 14 forskjellige.[3] Ordnes disse etter gjennomsnittlig årlige forskningsutgifter, får vi følgende rangorden (1970):

1. Sivil atomenergi
2. Industri og grubedrift
3. Forsvar
4. Fremme av forskning gjennom universitetsbevilgninger
5. Landbruk, skogbruk, fiske
6. Fremme av forskning, generelt
7. Helse
8. Sivil romforskning
9. Økonomiske tjenester
10. Velfærd
11. Andre offentlige tjenester
12. Forurensninger
13. Diverse
14. Forskning for u-land.

Denne listen gir oss et ganske godt innblikk i den prioritering som er vanlig nå. Alt er orientert om å hjelpe eller fremme en eller annen samfunnsmessig sektor, og hvor meget og hvorledes vi satser på forskning er bestemt av vurderingen av dens virkning på vedkommende område.

Man skal ikke dramatisere denne praktiske problemstillingen for meget, for innen hvert område må projekter og oppgaver defineres efter vanlige videnskapelige spesifikasjoner. Allikevel er det skjedd noe viktig.

Lenge har videnskapsmenn betont betydningen av deres virksomhet for samfunnet, for å få støre bevilgninger. Nu er de blitt tatt på ordet. Den akademiske oppdeling i disipliner er for vanskelig og uklar for politikere og budgettkomiteer, og de gjør derfor en inndeling som ovenfor, og ber videnskapen forklare hvorledes den kan hjelpe til innenfor hvert av disse områdene. De fleste er preget av mer enn en disiplin, organisatoriske og psykologiske hensyn blander seg med bl. a. rent naturvidenskapelige, og derav tidens store interesse for «tverrvidenskapelighet». I alle fall står videnskapsmannen overfor en ny situasjon. Han har sagt han kan hjelpe, nu blir han innordnet som hjelper. Visstnok er bevilgninger av alminnelig og uspesifisert art til fremme av forskningen også med, og den er ofte stor, i Norge 47 % av de offentlige bevilgningene til FoU. Her har vi fortsatt den gamle oppdeling i ren og anvendt forskning, men det er like fullt en endring ved at styringen ikke lenger bare er at det settes et tak av rent økonomiske grunner, men at man støtter forskningen ut fra bestemte hensikter. Dette er et logisk skritt fra administratorers og politikeres side.

Noen talmessige oppgaver

Fra det store internasjonale utredningsarbeide som har vært særlig energisk i de siste 20 år, kan bare gis noen få data. Et grunnleggende begrep for en økonomisk vurdering er GERD (Gross National Expenditure on Research and Development), altså det totale beløp som brukes i et land for å drive forsknings- og utviklingsarbeide. GERD kan deles opp i den offentlige og den private del, regnes ut som prosent av nationalproduktet m.v. og er basis for en vurdering av FoU-innsatsen. Et annet begrep er QSE (Qualified Scientists and Engineers), dvs. antallet folk i forskningsarbeide med full akademisk utdannelse eller lignende kvalifikasjon.

Fra Fysikkens Verden

38. årgang

1976

NORSK FYSISK SELSKAP

TRONDHEIM 1976

Fra Fysikkens Verden

Redaktør:

Professor, dr. Haakon Olsen,

Universitetet i Trondheim, –

Norges lærerhøgskole, Trondheim.

Redaksjonskomite:

Lektor K. Jostein Knutsen, Luftkrigsskolen, Trondheim

Universitetslektor Wilhelm Løchstøer, Universitetet i Oslo, Blindern

Forsker, cand. real. Olav Steinsvoll, Institutt for Atomenergi, Kjeller

Dosent Leif Owren, Ph.D., Universitetet i Bergen, Bergen

Fagsekretær Helge Klemsdal, Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø

Dr. techn. Helge Øverås, CERN, Genève

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.

Dosent, dr. philos. Thormod Henriksen, Universitetet i Oslo, Blindern,

Dosent Ivar Svare, Ph. D., Universitetet i Trondheim, NTH, Trondheim.

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

INNHOLD

Hefte 1

Fysikermøtet og årsmøtet NFS, 1976 1
International union of pure and applied biophysics. *Thormod Henriksen* 1
F 161 – Fysikk anvendt på energiproblematikk. *Hugo Parr* 2
Fisjon og fusjon. *Øivin Holter* 4
$^3He/^4He$ fortynningsmetoden. *H. G. Bratsberg og R. P. Søvik* 9
En orientering om væskekrystaller. Del 2, *Ingar Singstad* 21
Bøker 16
Kollerud – Mygland: Fysikk.
H. L. Harney, P. Braun-Munzinger, C. K. Gelbke: Classical and Quantum Mechanical Aspects of Heavy Ion Collisions.

Hefte 2

Professor Bjørn Trumpy in memoriam. *S. Skavlem* 25
Medlemsmøte i EPS Advisory Committee. *K. J. Knutsen* 26
Optiske hukommelsessystemer. *Svein Prydz* 28
Fisjon og fusjon. Del 2. *Øivin Holter* 33
Machs prinshipp. *Yngvar Hartvigsen* 37
Nye medlemmer 41
Faseovergang og kritiske fenomener. *Olav Steinsvoll* 42
Sir George Thomson 1893–1975. *K. J. Knutsen* .. 46
Bøker 27, 32, 36, 47
Ivan Th. Rosenqvist et al.: Geologien og mennesket.
W. Noll: Foundations of Mechanics and Thermodynamics.
D. J. Clark (ed.): Magnetic Oxides.
H.-O. Harten: Physik für Mediziner.
Robert D. Richtmyer (ed.): Proceedings of the Fourth International Conference on Numerical Methods in Fluid Dynamics.

Hefte 3

Årsmelding for NFS 1975–1976 49
Nye medlemmer 50
Rettelser 50
Fra leserne: Machs prinsipp i generell relativitetsteori. *R. Schjødt* 50
Kurs i renormaliseringsgruppeteori. *Tore Ottinsen* 50
STEP – Et lærerutdanningsprosjekt. *Jacob Bøe* .. 51
Årsmøtet 1976 i NSF 53
Fysikermøtet 1976. Ref. *Olav Steinsvoll* 56
Store forskningsprosjekt i små miljøer. *O. Steinsvoll* 63
De «fossile» kjernereaktorer i Gabon. *Eigil Andersen* 66
Bøker 62, 65
Otto Øgrim: Størrelser og enheter i fysikken.
K.-H. Hellwege og A. M. Hellwege (eds.): Landolt – Börnstein, Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik. Gruppe III, Vol. 7, Teil b.
G. W. Bluman, J. D. Cole: Similarity Methods for Differential Equations.
R. Gomer (ed.): Interactions on Metal Surfaces.

Hefte 4

Redaktørskifte i Fra Fysikkens Verden 73
Seminar om realfagundervisningen i Norge 73
Nye medlemmer 74
Medlemskontingenten og årsabonnementet 1977 .. 74
Fysikk og energi, korrespondansekurs 74
Partikler med sjarm. *Jan Finjord* 75
Magnetisk ladete partikler. *Jon Magne Leinaas* 78
Fra fordums målsystemer til det internasjonale enhetssystem. *Jan de Boer – Sture Koch* 83
Strålingsskader i «arvemolekylene» ved magnetisk resonansspektroskopi. *Einar Sagstuen* 88
Bøker 77, 87, 95
Uli Gonser (ed.): Topics in Applied Physics. Vol. 5.
Svenska Fysikersamfundet: Kosmos, Bd. 51.
T. Tamir (ed.): Integrated Optics. Vol. 7.
Alister Vallance Jones: «Aurora» Serien Geophysics and Astrophysics Monographs.
Tormod Førland og Thorbjørn Urdahl: Fysikk/kjemi for ungdomsskole, 7. skoleår.
Kl. Schäfer (ed.): Landolt – Börnstein, Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik. Gruppe IV. Vol. 1, Teil a.
L. D. Berkovitz: Optimal Control Theory.

FORFATTERREGISTER

Andersen, Eigil: De «fossile» kjernereaktorer i Gabon 66
Bløtekjær, Kjell: (bokanm.) Integrated Optics. T. Tamir (ed.) 87
Boer, Jan de (og Sture Koch): Fra fordums målsystemer til det internasjonale enhetssystem 83
Bratsberg, H. G. (og R. P. Søvik): ^{3}He/^{4}He fortynningsmetoden 9
Brekke, Asgeir: (bokanm.) Aurora, Serien Geophysics and Astrophysics Monographs. Alister Vallace Jones 95
Bøe, Jacob: STEP – Et lærerutdanningsprosjekt .. 51
Finjord, Jan: Partikler med sjarm 75
Hansteen, Joh. M.: (bokanm.) Classical and Quantum Mechanical Aspects of Heavy Ion Collisions, H. L. Harney, P. Braun-Munzinger, C. K. Gelbke 16
Hartvigsen, Yngvar: Machs prinsipp i generell relativitetsteori 37
Henriksen, Thormod: International Union of Pure and Applied Biophysics. (Ref.) 1
Hole, Njål: (bokanm.) Kosmos. Svenska Fysikersamfundet 87
Holter, Øivin: Fisjon og fusjon – noen problemer i et kjernekraftsamfunn. Del 1 4
– Del 2 33
Håvie, Tore: (bokanm.) Optimal Control Theory, L. D. Berkovitz 96
Knutsen, K. J.: (bokanm.) Fysikk. Kollerud – Mygland. (forts.) 16
– Medlemsmøte i EPS Advisory Committee. (Ref.) 26
– Sir George Thomson 1892–1975 46
Koch, Sture: (overs.) J. de Boer: Fra fordums målsystemer til det internasjonale enhetssystem .. 83
Leinaas, Jon Magne: Magnetisk ladete partikler .. 78
Olsen, Haakon: Redaktørskifte i FFV 73
Ottinsen, Tore: Kurs i renormaliseringsgruppeteori 50
Parr, Hugo: F 161 – Fysikk anvendt på energiproblematikk 2
Persen, Leif N.: (bokanm.) Proceedings of the 4th International Conf. on Numerical Methods in Fluid Dynamics 48
Prydz, Svein: Optiske hukommelsessystemer 28
– (bokanm.) Physik für Mediziner. H.–O. Harten 48
Riste, Tormod: Redaktørskifte i FFV 73
Sagstuen, Einar: Strålingsskader i «arvemolekylene» ved magnetisk resonansspektroskopi 88
Schjødt, R.: (Fra leserne) Til Machs prinsipp i generell relativitetsteori 50
Schrøder, Knut: (bokanm.) Landolt-Börnstein. Neue Serie, Gruppe III, Vol. 7, Teil b 62
– (bokanm) Landholt – Börnstein. Neue Serie, Gruppe IV, Vol. 1, Teil a 96
Sikkeland, Torbjørn: (bokanm.) Topics in Applied Physics. Vol. 5. Uli Gonser (ed.) 77
Singstad, Ingar: En orientering om væskekrystaller. Del 2. 21
Skavlem, S.: Professor Bjørn Trumpy in memoriam 25
Slagsvold, Bjørn J.: (bokanm.) Interactions on Metal Surfaces. R. Gomer (ed.) 65
Solheim, Asbjørn: (bokanm.) Størrelser og enheter i fysikken. Otto Ørgrim 62
– (bokanm.) Fysikk/kjemi for ungdomsskole, 7. skoleår. Førland og Urdahl 95
Steinsvoll, Olav: Faseoverganger og kritiske fenomener 42
– (bokanm.) Magnetic Oxides. D. J. Clark 47
– Fysikermøtet 1976 (Ref.) 56
– Store forskingsprosjekt i små miljøer 63
Søvik, R. P. (og H. G. Bratsberg): ^{3}He/^{4}He fortynningsmetoden 9
Waadeland, Haakon: (bokanm.) Similarity Methods for Differential Equations. G. W. Bluman and J. D. Cole 65
Wergeland, Harald: (bokanm.) Foundations of Mechanics and Thermodynamics. W. Noll 32
Wolff, Fredrik Chr.: (bokanm.) Geologien og mennesket. Ivan Th. Rosenqvist et al. 27

Påmelding til Fysikermøtet i Trondheim 21 - 23 juni 1977

Navn:

Adresse:

Arbeidssted:

.....

Anmelder foredrag: Ja/Nei Antatt varighet ..... minutter

Emne:

Kan arbeidet presenteres ved utstilling («poster session»): Gjerne/Likegyldig/Nødig

Nødvendig utstillingsareal: ..... m^2 tavle ..... m^2 bordplass

Sammendrag på engelsk må følge påmeldingen. Arbeider som skal presenteres ved utstillingen bør foreligge oppstensilert ved registreringen første dag

.....

Innkvartering ønskes for ..... voksne og ..... barn for nettene

20–21/6 ..... 21–22/6 ..... 22–23/6 ..... 23–24/6 .....

Enkeltrom u/bad (15 stk) m/frokost kr 85 .....

Dobbeltrom m/bad (16 stk) m/frokost kr 85 .....

Dobbeltrom u/bad m/frokost kr 70 .....

Lunsj (snitter, wienerbrød, kaffe) a kr 25 ønskes:

21/6 ..... 22/6 ..... 23/6 ..... (ikke strengt bindende).

Jeg anmelder ..... personer til tur Munkholmen 21/6 (kr 30, barn gratis)

Jeg anmelder ..... personer til middag 22/6, pris kr 80

Registreringsavgift kr 100

Skjemaet postlegges senest 1. mai og sendes Fysikermøtet 1977,

Fysikkseksjonen, N–7034 Trondheim – NTH.

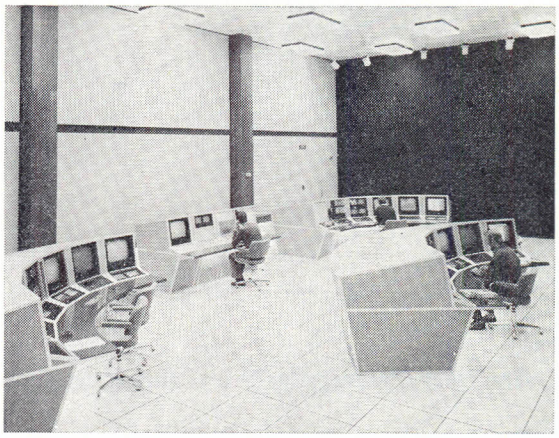
Nytt fra CERN

Eksperimentprogrammet ved 400 GeV – akseleratoren (SPS for «Super-Proton-Synkrotron») startet offisielt den 7. januar 1977, og dermed har CERN fullført nest siste etappe i den utbyggingen som pågår. Planene for SPS har vært diskutert helt siden 1963, mens byggingen ble vedtatt i februar 1971. Nå står det igjen å fullføre den såkalte «nordhallen», som skal huse eksperimenter fra 1977 og stå helt ferdig i februar 1979. Den første puljen av eksperimenter holder til i «vesthallen».

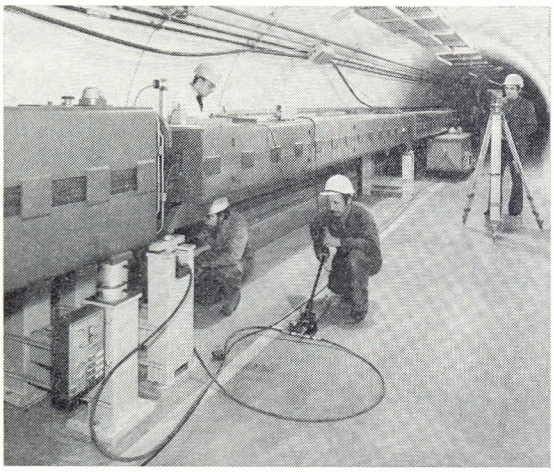
Budsjettet for SPS i den 8 år lange byggeperioden er på totalt 1150 millioner sveitsiske franc, i 1970-verdi. Det er mange sider ved SPS – prosjektet å bli imponert over, en av dem er at både budsjett og tidsfrister holder.

Selve akseleratoren er bygd i en tunnell opptil 60 m nede i fjellet, dels i Sveits og dels i Frankrike. Omkretsen på 7 km fylles opp først og fremst av 744 dipol- og 216 kvadrupolmagneter, foruten en radiofrekvens akselerasjonsenhet. Den kan akselerere en puls på 10^{13} protoner hvert 6. sekund. Den totale energien i protonstrålen kommer opp i 0,6 MJ, og ingen forundres derfor over at strålen brente hull i vakuumrøret ved et uhell under innkjøringen. Energiforbruket i en akselerasjonsyklus er rundt 200 MJ, så virkningsgraden er 3 ‰. Imidlertid reduserer det virkningsgraden vesentlig at protonstrålen brukes til å produsere sekundærstråler av andre typer partikler.

Sammen med Fermilab i USA er SPS den største konvensjonelle akseleratoren i verden. Ved ISR, i CERN, frontkolliderer to 30 GeV protonstråler, og energien der tilsvarer en konvensjonell akselerator på 2000 GeV, men en kan bare studere proton-proton-kollisjoner. Fermilab og ISR har begge vært i drift en 4–5 år (de første resultatene derfra er omtalt i FFV nr. 3, 1974). Med 1970-årenes akseleratorer kan en begynne å snakke om høyenergifysikk i den rette betydningen av ordet, idet massesenterenergien i en kollisjon gjerne tilsvarer mange ganger massen av de to partiklene som kolliderer.



Kontrollrommet til SPS. Hele akseleratoren styres automatisk gjennom et nettverk av 24 norskbygde NORD 10 datamaskiner. Operatørene kan hente fram på dataskjermene – i farger – opplysninger om en hvilken som helst del av systemet, og gripe inn, om nødvendig. (PHOTO CERN)



Finjustering av posisjonen til en dipolmagnet i SPS-tunnelen. Nøyaktigheten som kreves er 0,1 mm horisontalt og 0,05 mm vertikalt. (PHOTO CERN)

Av eksperimentene ved SPS er det trolig nøytrinoeksperimentene som samler størst oppmerksomhet. De rår over en nøytrinostråle som har ganske skarp energi. Tre store detektorer står opplinjert i denne strålen: Først BEBC («Big European Bubble Chamber») som f. eks. kan fylles med 39 m^3 flytende hydrogen og som har en superledende magnet med et felt på 3,5 tesla. Dernest en 20 m lang og 1400 tonn tung detektor satt sammen av jernskiver, scintillasjonstellere og driftkammer. Og til slutt tungvæske-boblekammeret Gargamelle, med et væske-volum på 12 m^3.

Starten for SPS den 7. januar ble uventet dramatisk. Etter bare noen timer sviktet tilførselen av kjølevann til to 110 tonns elektromagneter i vesthallen, med den følgen at viklingene i begge ble ødelagt. Den ene magneten tok fyr, den tilhørte et eksperiment for å måle elastisk spredning, som bl. a. Universitetet i Oslo er med på. Dette eksperimentet vil bli flere måneder forsinket.

Jan Myrheim

Normalt regnes QSE i fulltids ekvivalenter, idet mange forskere har andre gjøremål og bruker bare en del av sin tid på forskning. Deres innsats regnes om, slik at man bare regner med deres effektive tid på forskning, dvs. QSE er det antall som på full tid ville yde like mange arbeidstimer. Videre har vi «R & D manpower», som er summen av QSE og hjelpepersonale, også det siste omregnet til ekvivalent fulltid.

Gjennom inndelingene ovenfor, og ved GERD, QSE og Manpower, kan vi få en nummerisk oversikt over virksomheten i forskjellige land, både absolutt og relativt.

Begrenser vi oss til OECD-landene, dvs. alle moderne industriland minus Sovjet-unionen og dens biland, viser det seg at GERD utgjør omkring 1–2 % av nasjonalproduktet. Noen land som USA går oppimot 3 %. Norge ligger på 1,3 %, noen ligger langt under 1 %. USA har et GERD på ca. 30 milliarder dollar, som er mer enn summen av alle andre OECD-land tilsammen. QSE er for USA noe over ½ million. For Norge er GERD for 1976 anslått til 2200 mill. kroner.

For de fleste land er QSE noe mindre enn halvparten av Manpower, selv om det er ganske store variasjoner. I Norge var i 1947 omkring 14 % av alle akademisk utdennede, eller 10.000, forskere. Den totale stab er ca. 22.000 QSE (fulltidekvivalent) er 5600 og Manpower 12.600.

Landene kan deles i visse grupper. Først kommer de store land hvor den absolutte verdi av GERD er så stor at de kan ta opp mange betydelige projekter på en gang. Den neste er mindre land som bruker meget på forskning og samtidig har sterk konsentrasjon om visse hovedprojekter, typisk er Sverige og Sveits. Den tredje er små land med moderat innsats og stor spredning, og blant disse faller Norge. Den siste gruppen er de som har en meget liten forskningsinnsats.[4]

Ranglisten for områder ovenfor var for 1970. Et viktig spørsmål er om man nu kan spore noen endring i denne og samtidig om GERD ikke stiger lenger, men slakker av.

GERD har, regnet i faste kroner, visse variasjoner med tiden i alle land, men det eneste hvor det foreligger en nedgående tendens gjennom mange år er USA. I England, Frankrike og Canada har det vært en tendens til stabilisering i de siste 5 år, noe lignende gjelder Sverige, mens de fleste har fortsatt en stigning. På den annen side er det en nokså klar tendens til endring i prioriteringen.[5] Forsvar og de store projekter går noe ned, mens helse, økonomisk virksomhet, alminnelig stimulans av forskning og miljø går opp. Det skjer et visst skifte fra «big science» over mot de mer sosialt orienterte virksomheter. De land som synes å ha den mest bevisste innsats for øyeblikket er Japan og Vest-Tyskland.

En nøyere analyse er vanskelig, fordi finansieringsmåtene er så forskjellige. I noen land er statens støtte til forskning meget sterk, også på det industrielle område, gjennom kontrakter. Typisk er USA, men andre har det samme system; Norge på en noe spesiell måte gjennom offentlig støttede oppdragsinstitutter. Den norske offentlige innsats er over 60 % av GERD. Andre land har en liten statlig finansiering av industri og en tilsvarende skattepolitikk. Det gjelder Japan og Sveits og en del andre. I Tyskland og Japan foregår omtrent 20 % av grunnforskningen i industrien, samtidig som grunnforskningens andel av GERD er høyere enn i noen andre land, nesten 30 %. Tilsvarende tall for Norge er 4 % og 18 %.

Vi vil senere komme nøyere tilbake til Norge, og vil her bare peke på to forhold.

Det ene er at mange land som har nokså like politiske systemer og industri- og konsumstruktur, har en svært forskjellig organisasjon og finansiering av forskningen.

Det andre er at all forskningsstatistikk må tas med en stor klype salt, fordi den bare viser utgiftene, og ikke hva som ydes. Noe brukbart mål for ydelsene i forskning har vi ikke, og de samfunnsmessige virkninger er vanskelige å bedømme fordi de er sammensatte og ofte har en stor tidsforsinkelse. For utviklingsarbeider, som oftest tar mer enn halvparten av GERD, er det rimelig å anta at dess flere folk og penger, dess mer kan ydes, men på mange områder må det være adskillig tvil om det foreligger noen slik proporsjonalitet, og det er ikke umulig at de meget store institutter og organisasjoner kan bli sterile. Det svakeste punkt i forskningspolitikken er at vi ikke har noen mål for hva som egentlig presteres.

Det ligger en fare i nummeriske vurderinger, hvor en del av det som skal måles, og kanskje det viktigste, unndrar seg kvantifisering. Et svært enkelt eksempel er at i en norsk studie over organisasjon, er komiteer bedømt ved antallet møter og trykksider. Mange møter kan bety flid, og mange trykksider kan bety at meget er gjort. Men mange møter kan bety uenighet og rot, og mange trykksider behøver ikke bety at det står noe særlig fornuftig på dem.

En gammel formel var å gi penger til talent. En mer moderne oppfatning er å gi penger til

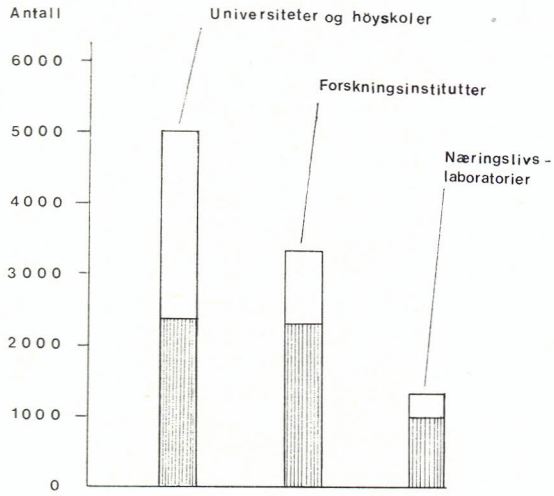


Fig. 1. Fordelingen av antallet forskere på institusjonstyper i Norge i 1974. Høyden av kolonnen angir det totale antall og den skraverte del det tilsvarende tall på heltid, det vil si antall årsverk.

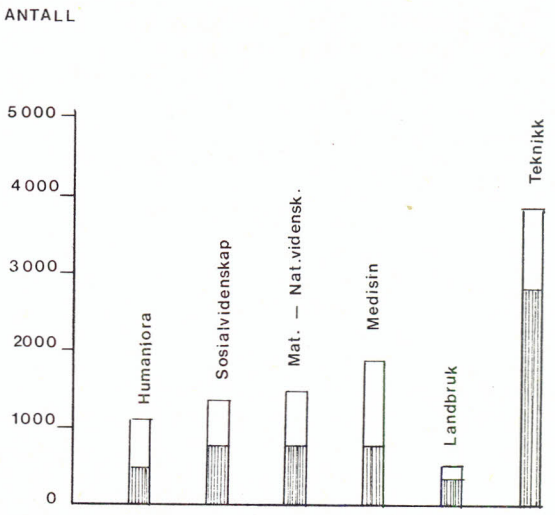


Fig. 2. Fordelingen av antallet forskere i Norge i 1974 på forskjellige fagområder. Høyden av kolonnen angir det totale antall og den skraverte del det tilsvarende tall på heltid, det vil si antall årsverk.

det som er samfunnsmessig viktig. Orienteringen bort fra akademisk merit og over til samfunnsmessig nytte – som ikke behøver å falle sammen med økonomisk økning – er et spørsmål som burde oppta alle som er aktivt med i vitenskap.

Norsk naturvitenskap

En kortfattet oversikt over norsk naturvitenskap må bli lite givende, da virksomheten spenner over et stort område, fra teoretisk og eksperimentell kjemi og fysikk til de anvendte områder som grenser inn på teknologi til livsvitenskapene og vitenskaper som biologi, zoologi, botanikk og geologi. Grensene mellom den rene vitenskap og de anvendte områder er ikke lett å trekke. I statistikken har man en hovedgruppe «matematikk og naturvitenskap» og denne gruppen omfatter for det meste grunnforskning. Realkandidater er den nest største gruppe forskere i landet (med sivilingeniører som den største).

I fig. 1 er vist hvorledes arbeidsinnsatsen fordeler seg på de 3 viktigste institusjonstyper, 1) universiteter og høyskoler med tilknyttede institutter, 2) forskningsinstitutter av offentlig og privat art utenfor høyskolesystemet, 3) laboratorier i næringslivet.

Som det fremgår er den samlede innsats omtrent like stor i de to første. Deler vi opp efter fagområder får vi et bilde som vist på fig. 2. Den matematiske naturvitenskapelige gruppe, som fysikk faler innenfor, har en litt større totalinnsats enn henholdsvis medisin og sosialvitenskaper, men ikke meget.

Det er vanlig å vurdere forskningsinnsatsen gjennom bevilgninger, men antallet årsverk kan være et riktigere mål, da de forskjellige fagområder har svært forskjellige økonomiske behov. En av de store vanskeligheter i et lite land er at eksperimentalarbeider i naturvitenskap og særlig i fysikk er kostbare og man får et vanskelig valg mellom å konsentrere seg om få emner eller å få en spredning som gjør innsatsen mindre effektiv da man vil mangle viktig utstyr. For naturvitenskapene er det vesentligste spørsmål hvorledes man fordeler innsatsen mellom nasjonal virksomhet og internasjonalt samarbeide. Med de tendenser man nu har med kostbart og komplisert utstyr, er formene for internasjonalt samarbeide det viktigste organisatoriske problem.

Veksten i bevilgningene har i Norge vært forholdsvis stor. Tabellen på neste side viser en sammenligning mellom årene 1972–74 og som det fremgår er den prosentvise stigningen betydelig, bortsett fra posten «andre», som vesentlig er private kilder.

Stigningen har fortsatt. For universiteter og høyskoler var den i de senere år 10–13 %. Det er en tendens til å ville bryte den forbindelse som tidligere var mellom forskningsinnsatsen og antallet studenter. Oversikter gis årlig i forskningsrådenes publikasjon «FoU statistikk».

Også i Norge merker man at det legges større og større vekt på emner som miljø og helse, mens den teoretiske forskning synes å stå noe svakere.

Finansiering av totale FoU-utgifter 1972 og 1974. Mill. kr.

	Nærings-livet	%	Offent-lig	%	Andre	%	Ut-land	%	Totalt	%
1972	391	31	777	63	44	4	30	2	1242	100
1974	548	33	999	61	43	3	53	3	1643	100
%-vis endring 1972/74	40,2		28,6		– 2,3		76,7		32,3	

Kilde: NAVF's utredningsinstitutt, Publ. 1976: 4

De rent tabellmessige data kan man som nevnt finne i foreliggende statistikk[6] og av større interesse er hele holdningen til forskningen som synes i Norge å endre seg omtrent på samme måte som i den vestlige verden ellers.

Diskusjonen om forskningspolitikk i Norge er aktualisert ved at den første stortingsmelding om emnet nylig er lagt frem og mange utredninger er publisert ved Hovedkomiteen for norsk forskning.[7]

Kritikk av videnskapen

I de senere år er det kommet frem mange kritiske betraktninger over forskningen. Karakteristisk nok åpner en av de nyere internasjonale oversikter med: «At the time of writing, R & D is getting through a difficult period. Its stock has fallen in the view both of governments of public opinion. At worst its basic utility is being questioned».[5]

Synspunktene er vel kjente, så her skal de summeres svært kort. De faller i 3 hovedområder:

1. *«Counter-culture»*

Tildels er denne antiakademisk og preges i sine vulgære former av hippier og blomsterbarn, men har også vektigere former hvor vår nuværende form for forskning oppfattes som skadelig, tildels avvises muligheten for objektivitet.

2. *Ressursmangel og miljøskader*

Det hevdes at dess dypere forståelse vi får av naturlovene, dess mer vil vi benytte denne til å misbruke naturen og det går derfor mot en krise. I mer ekstreme former kreves det at vi skal bygge ned vår anvendte videnskap og i alle fall skal vår anvendelse av videnskapen i teknologi og medisin revideres sterkt.

3. *Antiteknologi*

Denne har adskillig til felles med det foregående, men er mer sosialt innstillet og hevder at anvendt videnskap gjør livet komplisert, skaper kunstige behov og gjør menneskene ulykkelige ved å forespeile nye muligheter som likevel ikke er reelle tilfredsstillelser. Samtidig øker mengden av farlige våpen.

Disse holdningene er kjent gjennom århundrer, men de skal ikke bare avfeies. Videnskapsmennenes egen reaksjon er svært blandet, det finnes mange «concerned scientists», som mener at forskningen må kontrolleres meget sterkere, men vel de fleste finner kritikken overdrevet.

Realitetene i problemene vi står overfor kan samles om tre emner, som alle kan få sterke sosiale virkninger. Det ene er påvirkningen av arvestoffer. Uten tvil kan forskningen brukes til å korrigere arvelige feil, men det kan også skapes nye bakterier. Anvendt biologi kan brukes til å gripe inn i den menneskelige forplantning på en måte som kan true individets rettigheter og mange kompetente biologer diskuterer alvorlig om det skal defineres forbudte områder. Studier av sammenhengen mellom genetiske anlegg og samfunnsdannelse (både hos dyr og mennesker), også kalt sosiobiologi, er et varmt område.[8]

Det andre er den elektroniske databehandling, som utvikler seg meget raskt og hvor den langsiktige virkning på administrative metoder og overhodet samfunnsfunksjonene er langt fra klar. Enkelte ser i den en alvorlig trussel mot individets frihet.

Det tredje område er den anvendte kjernefysikk. Sammenhengen mellom teknologiske anvendelser av kjerneenergi og utviklingen av nye våpen er naturgitt, da stort sett den samme sort innsikt blir brukt. Det hevdes at hvis ikke vi finner midler til å bremse, vil vi efterhvert få et rikt utvalg av små, taktiske atomvåpen, som vil gi krigen en hittil ukjent ødeleggelseskraft. I de spørsmålene som reiser seg løper politiske beslutninger og videnskapelig innsikt sammen og derfor er det meget ønskelig at videnskapsmennene selv tar del i diskusjonen på en konstruktiv måte. Idag er vi nærmest splittet i to leire, de

som taler om kommende katastrofer og de som vil drive sin forskning uforstyrret. Videnskapen er kommet til et stadium hvor videnskapsmennene selv på en bevisst måte må være med å diskutere dens anvendelse.

Men i dette må ikke de negative sider hindre en nøktern holdning og respekt for videnskapens virkelige verdier. Våre leveforhold er blitt sterkt forbedret, nettopp på grunn av anvendt videnskap, og de positive sider er så langt større enn de negative. Riktig bruk av innsikt og makt har alltid vært et problem og vi må fortsette å leve med slike problemer.

I all diskusjon om hva som er de rette anvendelser, må man ikke glemme naturvidenskapens egenverdi. Når den har vokset i styrke og er blitt høyt respektert, er dette ikke fordi den ble ansett som praktisk nyttig. Det kom forholdsvis sent. Naturvidenskapenes styrke ligger i deres klarhet, deres gjennomtenkte systematikk og deres saklighet. Disse egenskapene er noe av det verdifulleste i vår kulturform og kommer nettopp fra vår spesielle form for videnskap. Her ligger kulturverdier som det er all grunn til å forsvare.

Det kan passe å slutte med å minne om den innsats som er gjort av Michael Polanyi, som nylig døde. Ved siden av sitt arbeide som en fremtredende fysikalsk kjemiker, har han hele sitt liv arbeidet for forståelsen av at videnskapen i sin rene form er oppdragende og kultiverende, men at disse funksjonene bare kan skje når de videnskapelige kvalitetsmål holdes rene og ikke nyttevirkningene får lov å dominere. Den utilitaristiske oppfatningen som vi så tydelig ser idag, blir han aldri trett av å advare mot.[9]

Jeg tror han har et budskap til oss idag.

Litteratur

1 Derek J. de Solla Price: *Little Science, Big Science* Columbia Un Press, 1963.

2 Den første samlede oversikt var ved OECD: *The Research and Development Effort in Western Europe, North America and the Soviet Union.* Paris 1955. Året efter holdt OECD konferanser på minsternivå, som resulterte i skriftene: *Government and the Allocation of Resources to Science,* videre *Fundamental Research and the Policies of Governments,* og *The Social Sciences and the Policies of Governments.,* alle Paris 1966.
Et norsk eksempel er: *Norsk Fysikk, omfang-strukturvekst.* Skrifter fra Hovedkomiteen for norsk forskning nr. 1. Universitetsforlaget 1968.

3 *Patterns of Resources devoted to Research and experimental Development in the OECD Area, 1963–1971.* Paris 1975.

4 Av den store litteratur er av særlig interesse for oss en studie av de små land: *The Research System Vol. 2, Belgium, Netherlands, Norway, Sweden, Switzerland.* OECD, Paris 1973.

5 *Changing Priorities for Government R & D.* OECD, Paris 1975.

6 Av særlig interesse er *FoU Statistikk 1972* som er mer detaljert enn de øvrige. Mange data finnes også i *Rullert langtidsplan for NTNF 1976–80.*

7 St.meld. nr. 35 (1975–76): *Om forskningens organisering og finansiering.* Se også Hovedkomiteen for norsk forskning Melding nr. 5: *Forskningsbehov og forskningspolitikk.* Begge gir litteraturoversikter, den siste særlig om norske utredninger.

8 Eksempler på diskusjonen finnes i *Science* 30. april og 21. mai 1976. En sosiologs vurdering er bl. a. Clifford Geertz: *Is Human Nature Universal?* i DIALOGUE Nr. 1, 1976.

9 En kort oversikt over Polany's viktigste synspunkter finnes i nekrologen over ham i MINERVA, Vol. XIV, Nr. 1, 1976.

Bøker

S. Haroche, J. C. Pebay-Peyroula, T. W. Hänsch, and S. E. Harris (red.): Laser Spectroscopy. Nr. 43 i serien Lecture Notes in Physics. Springer, Berlin 1975. Pris heftet $ 18,50.

Når (og hvis) norsk fysisk våkner av sin Tornerosesøvn, bør laserspektroskopiens eksistens være blant de realiteter som gjør sterkest inntrykk. Nye teknologiske og eksperimentelle muligheter har som regel alltid åpnet opp uventede perspektiver og bidratt til å flytte grensesteinene for vår fysiske erkjennelse. Denne boken viser at laseren, med tilliggende herligheter, nå har etablert en kompetanse egnet for ekskursjoner inn i fysikkens grenseland.

Boken gjengir foredragene ved den andre internasjonale konferanse i laserspektroskopi i Megève, Frankrike, i juni 1975, og forelå trykt knapt fire måneder senere. Her kan man erfare hvordan avstembare, intense og koherente kilder i området fra vakuum UV til det fjerne IR, med tidsoppløsning ned til (og under) picosekund (10^{-12}s), genererer nye fenomener og muliggjør målinger med hittil uhørt presisjon. De ulineære prosessene som inngår på kildesiden, er i seg selv fascinerende. To-foton spektroskopi er allerede vel etablert; v.hj.a. «kolliderende» laserstråler kan man vekselvirke med en eneste hastighetsgruppe i en gass, og derved gjøre målinger begrenset bare av den naturlige linjebredden uhindret av Doppler-forbredningen. Relativistiske og kvanteelektrodynamiske effekter er i ferd med å måles med størrelsesordeners forbedring i nøyaktighet; innen fotokjemi og isotopseparasjon er man inne i en revolusjon.

Boken gir i det hele tatt et tverrsnitt av et felt som viser at det innen fysikken ennå er mulig å forene teknologisk modenhet med intellektuell spenst og utfordring; kjøp den, bla i den, les den gjerne. Jeg venter ikke underverker – som kjent formådde ingen av dvergene å vekke Tornerose –; skimter man i boken likevel konturene av en Prins Charming?

Svein Otto Olsen

Strålingsskader i „arvemolekylene" ved magnetisk resonansspektroskopi

Del 2.

Einar Sagstuen

C. Mulige reaksjonsmekanismer

Som antydet ovenfor finnes det både fra énkrystallstudier og andre ESR-studier eksperimentelle resultater som tyder på at ionisering finner sted i den konjugerte del av DNA-komponentene (les: basene) og at ion-radikalene dannes som primære strålingsprodukter. Disse radikalene antas å være forløpere til hydrogenaddisjons og -abstraksjonsradikalene man så ofte observerer som sekundærprodukter.

Foruten en gjensidig annihilering ved reaksjonene

$$RH^- \rightarrow RH + e^- \qquad (8)$$

$$e^- + RH^+ \rightarrow RH \qquad (9)$$

(her angir RH en ubeskadiget DNA-komponent) kan en tenke seg et reaksjonsmønster for ionradikalene som i likn. (10) og (11):

Kationsekvens: $RH^+ \rightarrow R\cdot + H^+$ (10)

Anionsekvens: $H^+ + RH^- \rightarrow \dot{R}H_2$ (11)

Kationsekvensen gir i effekt en abstraksjon av et hydrogenatom, mens anionsekvensen leder til et addisjonsradikal (eksempelvis radikal **1**). Alternative reaksjoner i anionsekvensen er foreslått, bl. a. de tre reaksjonene

$$RH^- + RH \rightarrow \dot{R}H_2 + R^- \qquad (12)$$

$$RH^- + RH^+ \rightarrow \dot{R}H_2 + \dot{R} \qquad (13)$$

$$H\cdot + RH \rightarrow \dot{R}H_2 \qquad (14)$$

hvor i likn. (14) H· kan tenkes frigjort fra enten et kation eller anion.

Man skal heller ikke se bort fra at andre reaksjoner kan forekomme, som f. eks. rekombinering av radikaler eller addisjon av hydrogen fra andre kilder. Dersom slike reaksjoner forekommer og i enkelte tilfeller dominerer reaksjonsbildet kan dét forklare hvorfor en ofte ser kun én type radikaler dannet ved romstemperatur.

Det er bemerkelsesverdig at på tross av det store antall forbindelser som er studert generes både primære og sekundære strålingsprodukter langt mindre vilkårlig enn en kunne vente. De samme generelle radikalstrukturer finner man igjen i samtlige nukleinsyrederivater, inkludert et stort antall mere perifere forbindelser som ikke er nevnt her. I alle umettede forbindelser (slik de forekommer i DNA/RNA) finner en som sekundærprodukt H-addisjonsradikaler. I pyramidiner skjer addisjon vesentlig til $C_5 = C_6$ bindingen og i puriner hovedsakelig til $C_8 = N_7$ – bindingen. Disse radikalene mener man altså dannes fra primærproduktene (anioner) ved en protonering (likn. (11)). Nylig er det i et arbeide ved 4.2 K påvist dannelsen av anioner i énkrystaller av tymidine, og dette er den første sikre påvisningen av dette produkt i tymin-derivater. Da H-addisjonsradikalet (struktur **1**) er dannet allerede ved 77 K synes dette å gi god støtte til den postulerte anionsekvensen ovenfor.

I en rekke forbindelser har man også funnet hydrogen-abstraksjonsradikaler, oftest fra nitrogen men også fra methylgruppen og oksygenatomer. Også disse radikalene mener man er sekundær-radikaler og med kationer som forløpere (likn. (10)). Et spørsmål som reiser seg er hva som er kilden til de hydrogenatomer man finner igjen i H-addisjonsradikalene. Eksperimenter med deuterium substitusjon (da deuterium har I = 1 samt et nesten 10 ganger mindre magnetisk moment kan en slik substitusjon være effektiv for merking av visse posisjoner) tyder på at det er de relativt løst bundne protoner, d.v.s. de som er bundet til N, O og i sjeldne tilfelle C som adderes til de umettede bindinger. Disse observasjoner kan tolkes dithen at det i mange tilfelle er frigjorte protoner fra kationsekvensen man finner igjen i anionsekvensen. Dersom det finnes vann i krystallen kan også dette være en effektiv donor av protoner eller hydrogen-atomer (se likn. (12) og (14)).

Til nå har lite blitt gjort for å studere reaksjonsmekanismer i énkrystaller av DNA-komponentene. Grunnen til dette er vesentlig fordi ionradikalene i så få tilfelle lar seg stabilisere ved temperaturer en kan arbeide ved. Ved en ut-

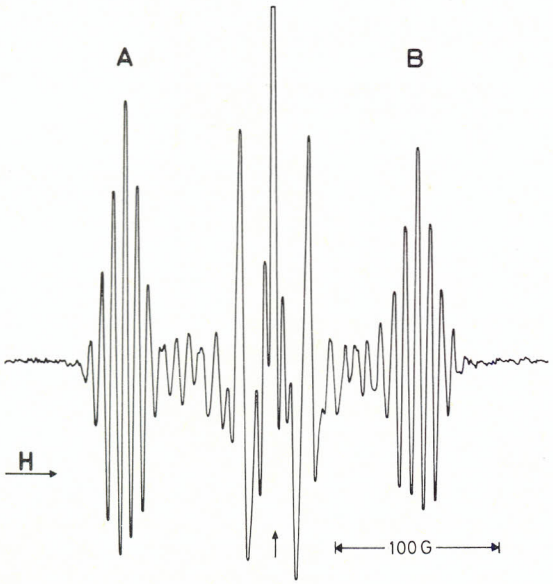


Fig. 10. Annen-derivert ESR-spektrum av en énkrystall av tymin bestrålt og observert ved 77 K. På hver side av sentralresonansen sees et 7-linjet spektrum (A, B) som skyldes et strålingsindusert radikalpar, og hvor radikalene er lokalisert 6,78 Å fra hverandre (etter: R. Bergene og T. B. Melø, 1973).

bygging og forbedring av eksperimentell teknikk og instrumentering er det å håpe at en om ikke så lenge kan studere reaksjoner og deres mekanismer ned mot 4.2 K.

D. Brudd i sukker-fosfatkjeden/radikalpar.

Radikalstrukturene **19** og **20** er av spesiell interesse, siden de naturlige nukleinsyrer kan føre til brudd i sukker-fosfatkjeden. Slike skader er de som hyppigst observeres når bestrålt DNA/RNA studeres ved andre eksperimentelle teknikker, og i en celle kan disse skadene føre til celledød, dersom ikke de repareres ved intracellulære enzymatiske prosesser. Det er imidlertid sjelden at slike skader er observert i énkrystaller av nukleotider.

I noen tilfelle er det gjort observasjoner som har gitt grunnlag for en annen modell for strålingsskader og dannelse av brudd i sukker-fosfatkjedene. I f.eks. tymin har man ved 77 K observert et ESR spektrum som kan være opptil 400 gauss bredt og som opptrer med en gruppe linjer på hver side av hovedresonansen (et eksempel på et slikt spektrum er vist i Fig. 10). Splittingen mellom de to linjegruppene er voldsomt anisotrop noe som antyder at den i hovedsak skyldes dipol-dipolvekselvirkninger. Slike spektra tilskrives radikalpar, som består av to (like eller ulike) radikaler lokalisert så nær hverandre (med en innbyrdes avstand på 3 til 10 Å) at en ville kunne få en betydelig elektron – elektron dipolvekselvirkning mellom de to uparede elektroner.

En kan tenke seg flere mulige mekanismer for dannelsen av slike radikalpar. Utgangspunktet er at alle (til nå) observerte radikalpar i nukleinsyre-komponenter trolig består av hydrogenaddisjons- eller abstraksjonsradikaler. Den ene hypotesen (den såkalte H-atom modellen) går ut på at en tenker seg lav-energetiske elektroner avgi energi ikke ved ionisering, men ved eksitasjoner. Et eksitert molekyl kan, dersom eksitasjonsenergien er relativt lite delokalisert over molekylet, de-eksiteres ved at en kjemisk binding brytes og et H-atom med nær termisk energi frigis. Et slikt H-atom kan ikke komme langt før det reagerer med sine omgivelser enten ved abstraksjon av et annet H-atom under dannelse av H_2 samt nok et H-abstraksjonsradikal, eller det adderes til en umettet binding under dannelse av et H-addisjonsradikal. En annen hypotese («ion-molecule» modellen) går ut på at et kation dannes ved direkte ionisasjon. Dette tenkes så å avgi et proton til et nabomolekyl (f.eks. ved proton tunnellering i en hydrogenbinding eller på andre måter) som så under innfangning av et elektron enten frigir H_2 eller stabiliseres som et H-addisjonsradikal. Begge disse modellene gir som mulige kandidater til et radikalpar enten to hydrogenabstraksjonsradikaler eller et hydrogenabstraksjonsradikal og et hydrogenaddisjonsradikal. Et argument som favoriserer den siste modellen er den mulige stereoselektivitet i avgivelsen av et proton, en selektivitet som er observert i enkelte andre modellsystemer.

Disse modellene kan også anvendes på nukleinsyrene selv. I naturlige forekommende DNA er basene i både horisontal (gjennom hydrogenbindinger) og vertikal (gjennom interbase overlapping av π-molekylorbitaler) kontakt og ved mekanismer liknende de som er skissert ovenfor vil en kunne forklare dannelsen av simultant brudd i begge sukker-fosfatkjedene, en skade som vanligvis observeres i bestrålt DNA og som nesten alltid fører til celledød.

E. Generaliserte modellsystemer.

Basert på den suksess som ESR-spektroskopi har hatt med hensyn til identifisering av strålingsinduserte skader i enkelt-komponenter av nukleinsyrer er det gjort enkelte forsøk på å studere mere komplekse modeller. To av disse, som begge går ut på å bruke orienterte mole-

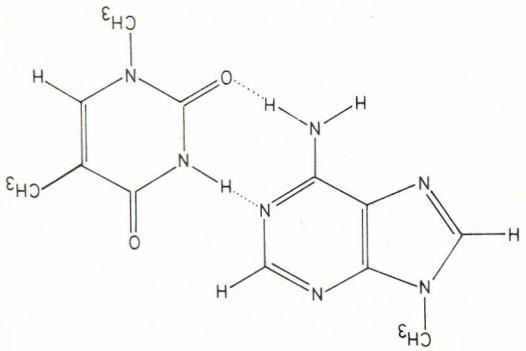


Fig. 11. En skisse av basekomplekset 1-methylthymine : 9-methyladenine som det forekommer i kokompekskrystaller. Stiplet linje angir intermolekylære hydrogenbindinger.

kyler skal i det følgende omtales litt nærmere.

I enkelte tilfelle har det vært mulig å lage énkrystaller av et par nukleinsyrebaser, én purin- og én pyrimididinbase. Som vist på Fig. 11 er disse to basene bundet sammen med hydrogenbindinger på samme måte som i nukleinsyrene, og i krystallen ligger planene av baser parallellt på hverandre på samme måte som i en tokjedet helix. På denne måten har basene i slike krystaller tilsvarende horisontale og vertikale vekselvirkninger med hverandre som i nukleinsyrene selv.

Til nå er bare to arbeider på slike systemer blitt publisert, foruten ett i polykrystallinsk fase. Spektrene er generelt meget komplekse ved alle temperaturer og vanskelige å tyde, og resultatene har tildels vært motstridende. I énkrystaller av kokomplekset 1-methyluracil : 9-ethyladenin dannes øyensynlig de samme radikaler som i de enkelte baser og det synes ikke å være noen andre vekselvirkninger mellom basene i et par enn de som er sterisk betinget. I kokomplekset 1-methyltymin : 9-methyladenin derimot, synes det som om spektrene ved 77 K ikke direkte kan tilskrives noen enkelt av basene når en sammenlikner med spektra fra disse alene. Ved oppvarming synes det imidlertid å finne sted en «overføring» av skader fra purinbasen til pyrimidinbasen, og ved romstemperatur er det bare hydrogenaddisjonsradikalet i 1-methyltymin man observerer. En slik «overføring» av strålingsskader fra en del av komplekset til en annen kunne tenkes å være en prosess som er av betydning for dannelsen av radikaler i DNA, siden 5-tymylradikalet (struktur **1**) er et av de viktigste paramagnetiske produkter i DNA etter bestrålning.

Ved Universitetet i Stockholm har Anders Ehrenberg og hans medarbeidere kommer fram til en metode hvorved en kan orientere fibre av DNA-molekyler. Denne teknikken, som kalles «wet spinning» gjør det mulig å legge DNA molekyler ved siden av hverandre med aksen i én bestemt retning, og i et så stort antall at en ved bestråling oppnår en observerbar mengde radikaler. Man får altså ved dette en form for semi-orientering av DNA, da retningene normalt på baseparene er felles for alle baser, mens parallelt med baseplanene (d.v.s. normalt på helixaksen) har en alle mulige orienteringer av basene. Etter bestråling ved 77 K har en funnet at spektrene normalt og parallelt på DNA-aksen er forskjellige og videre er spektret normalt på aksen noe assymetrisk hvilket tyder på at flere base-radikaler er tilstede samtidig. I Fig. 12a og b vises de spektrene som danner grunnlaget for den videre analysen. Denne ble gjort langs to hovedlinjer. Først søkte man ved matematiske prosedyrer å gjøre spektrene bedre oppløst uten at en derved mistet spektral informasjon. Dette ble gjort ved å redusere linjebredden i de Fouriertransformerte spektre for deretter å gjøre en inverstransformasjon. Videre søkte en å simulere disse spektrene ved å bruke resultater dels fra énkrystallstudier og dels fra semi-empiriske molekyl-orbitalberegninger. I Fig. 12c og d er vist de simulerte spektra som passet best de eksperimentelle under gitte forutsetninger. De tidligste resultater av slike studier tyder på at ved 77 K dannes ioner i enkelte av basene. Videre har oppvarmingseksperimenter vist at 5-tymylradikalet dannes ved ca. 160 K. Samtidig med at dette produktet dannes forsvinner en del av det opprinnelige spektret som man mente skyldes et anion i enten tymin eller guanin. I Fig. 13 er vist spekteret av DNA med magnetfeltet rettet normalt på aksen før og etter oppvarming

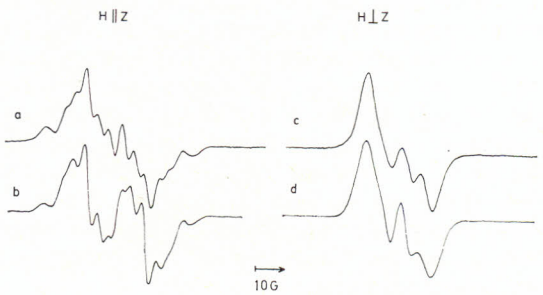


Fig. 12. Øverst: Første-deriverte spektra av orientert DNA bestrålt og observert ved 77 K. a) Det ytre magnetfeltet er her parallelt med DNA-molekylets akse. b) Magnetfeltet er normalt på aksen. Nederst: Simulerte spektra av bestrålt DNA med magnetfeltet c) parallelt og d) normalt til aksen i molekylet. (Etter: A. Gräslund et. al. 1971).

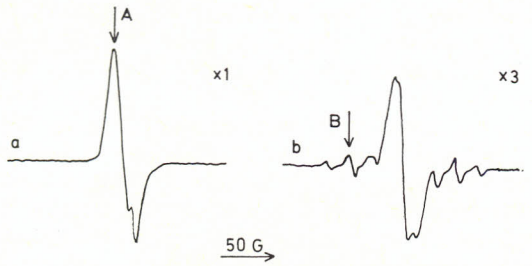


Fig. 13. Første-derivete ESR-spektra av DNA bestålt ved 77 K og orientert slik at det ytre magnetfeltet er nomalt til molekylets akse. a) Før og b) etter oppvarming i en time ved 190 K. Observasjonstemperaturen var i begge tilfelle 113 K. I b) er den spektrale forsterkning en faktor 3 større enn i a). Pilene angir i a) anion-delen av det opprinnelige spektret, og i b) en linje i 5-thymylradikalet. (Etter: A. Gräslund et. al. 1975).

til 190 K. Dette kinetikkeksperimentet kan tolkes dithen at anionet av tymin er dannet ved 77 K og er forløperen til 5-tymylradikalet, i samsvar med den postulerte anionsekvensen, likn. (11).

På tross av de store eksperimentelle vanskeligheter synes dette å være en meget lovende metode som ved bruk av bedre énkrystalldata og mere avanserte beregningsmetoder for bestemmelse av spinntetthetsfordelinger vil kunne gi oss mye verdifull informasjon om dannelse av strålingsskader i nukleinsyrene.

AVSLUTNING

I samsvar med generelle prinsipper innenfor strålingskjemi er de dominerende prosesser som leder til radikaldannelse i énkrystaller av nukleinsyrekomponenter hydrogen addisjons- og abstraksjonsreaksjoner. Alle de radikaler som dannes er imidlertid ganske sikkert ikke like viktige for den strålingsinduserte biologiske inaktivering av nukleinsyrene. Til eksempel er det rimelig at hydrogenaddisjonsradikalene, som dannes i områder i purin- og pyrimidinbasene som har liten innflytelse på den spesifikke evnen til baseparing er av mindre betydning enn radikaler dannet ved hydrogen abstraksjon fra nitrogen eller hydrogen addisjon til oksygen. Ved slike prosesser vil den spesifikke «hydrogenbindingskoden» endres, hvilket ville ha betydning ved en senere celledeling.

Ved ESR studier av strålingsskader i énkrystaller av nukleinsyrekomponenter kan man langt ifra svare på hva som egentlig skjer når nukleinsyrer bestråles under biologiske betingelser. ESR detekterer bare paramagnetiske produkter og disse representerer vanligvis bare ett trinn i den lange veien fra absorpsjon av strålingsenergi til den endelige stabile skade. Ved å kjenne den initielle molekylære struktur og i alle fall noen av de tidligste intermediater kan man imidlertid utsi en del om primærprosessene i de molekyler som bestråles. En lang rekke andre studier er dertil nødvendige for fullt ut å kunne forstå strålingsproblemer i levende materiale.

Referanser

Bergene, R., og T. B. Melø, 1973, *Int. J. Radiat. Biol. 23,* 263
Ehrenberg, A., L. Ehrenberg, og G. Løfroth, 1963, *Nature 200,* 376
Gräslund, A., A. Ehrenberg, A. Rupprecht, og G. Strøm, 1971, *Biochem. Biophys. Acta 254,* 172
Gräslund, A., A. Ehrenberg, A. Rupprecht, B. Tjälldin og G. Strøm, 1975, *Radiat. Res. 61,* 488
Henriksen, T., 1964, *Fra Fysikkens Verden 26,* 12
Henriksen, T., 1967, *Fra Fysikkens Verden 29,* 49
Müller, A., 1967, *Progr. Biophys. Mol. Biol. 17,* 99
Odgaard, E., 1974, *Fra Fysikkens Verden 36,* 75
Pruden, B., W. Snipes, og W. Gordy, 1965, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA 53,* 917

(Forts. fra s. 2)

gistreringsavgiften kr 100 vil bare bli innkrevet av de som får den dekket av sin institusjon.

Forespørsler og gode råd rettes til R. S. Sigmond, Fysikkseksjonen NTH, tlf (075) 30100/507.

Hilsen Arrangementskomiteen 1977

Påmeldingsskjema finnes midt i dette heftet

Sommerkurs/seminar i fysikk

Undervisningsutvalget i Norsk Fysisk Selskap vil sammen med Landsseksjonen i fysikk/kjemi av Norsk Lektorlag holde et sommerkurs/seminar i fysikk for interesserte medlemmer av Norsk Fysisk Selskap og Norsk Lektorlag.

Seminaret har fått tittel «Fysikk i skole og samfunn» og vil blant annet ta opp til drøfting undervisningsspørsmål i fysikk og diskutere fysikkens situasjon og plass i dagens samfunn. Dessuten blir det et laboratoriekurs i fysikk.

Sommerkurset/seminaret finner sted i tiden 9. august–12. august 1977 i Bergen på Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen, Kursleder er universitetslektor Alf Hallstenslid.

Forespørsler om kurset og påmelding til kurset skjer til adresse «Fysikk-kurset», Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen, 5014 Bergen–Universitetet.

Georg André

DEN NEDERLANDSK-NORSKE REAKTORSKOLEN

Institutt for Atomenergi, Kjeller

KURS I DATABEHANDLING

2/5— 3/5 INTERCOM

4/5— 5/5 UPDATE

9/5—13/5 Filbehandling

6/6—17/6 SIMULA

KURS I ISOTOPANVENDELSER

2/6— 3/6 Transport av radioaktive stoffer i Norge

ANDRE KURS

13/4—24/4 NATO Advanced Study Institute on «Electron-Phonon Interactions and Phase Transitions». (Bardøla Høyfjellshotell, Geilo).

14/8—19/8 International Symposium on Hydrides for Energy Storage. (Bardøla Høyfjellshotell, Geilo)

Nærmere opplysninger og søknadsskjemaer fås ved henvendelse til
Kurssekretær Gerd Jarrett
Den nederlandsk-norske reaktorskolen
Institutt for Atomenergi
Boks 40, 2007 Kjeller

Telefon (02) 71 25 60

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim — NTH

Norsk Fysisk Selskap

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

Styre: Professor dr. philos. Arnfinn Graue,
Universitetet i Bergen.
Amanuensis Ove Bratteng, Universitetet i Tromsø.
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

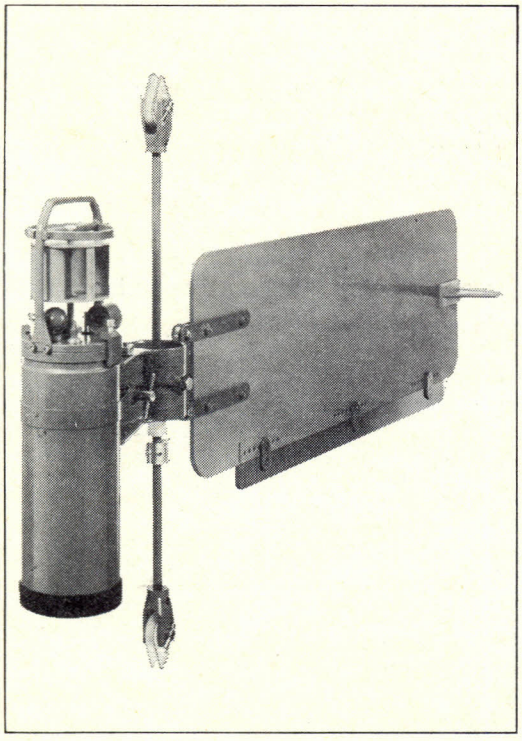
Fra Fysikkens Verden

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



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 temperatur profiler i sjø og vann.

VANNSTANDSMÅLERE

For nøyaktig registrering av vann-nivå.

KLIMASTASJONER

For montasje på land eller bøye.

HYDROFONMOTTAKER

For akustisks overføring av data under registrering.

DATALESINGSUTUTYR

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

Aktietrykkeriet i Trondhjem