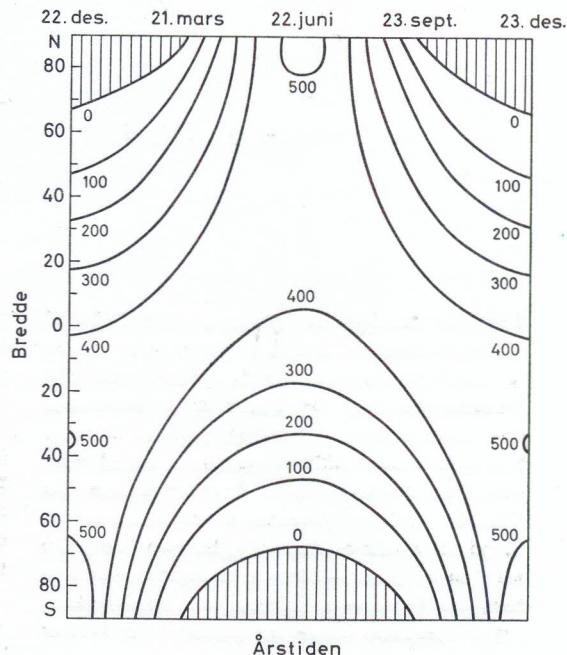


Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

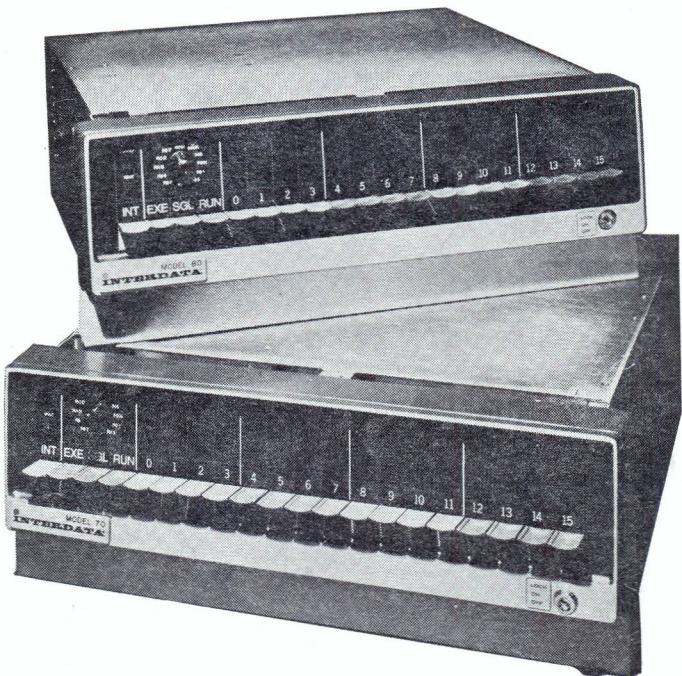
Årsmøte i NFS 1972	1
Frå styret i NFS	2
Mjuke gittersvingningar og faseomvandlingar	3
Danske investeringer i atomforskning	9
«Know-How '72»	10
Konferanser 1972	11
Personalia	12
Forurensning og atmos- færens temperatur	15
Bøker	2, 8, 21



Stråling fra solen i $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ved jordens overflate dersom virkningen av atmosfæren neglisjeres. (Se artikkel side 15.)

Nr. 1 - 1972
34. årgang

EN «STOR» DATAMASKIN



Det gleder oss å kunne introdusere INTERDATA på det norske marked. Dette firma skapte en ny retning for miniregnemaskinene idet de var først med ROM (read-only-memory) og skapte ordet **FIRMWARE** som nå er alminnelig kjent og benyttet. Interdata brakte først stormaskinenes muligheter inn på minmaskinenes område med struktur og system likt IBM 360. Med introduksjonen av Interdata's modell 70 på det norske marked vil vi begynne å forplikte oss i en ny sektor — komplette datasystemer med hardware, firmware og software. Vårt omfattende og nesten komplette spekter av periferenheter kjenner De kanskje, men da vi nå også kan tilby sentralheten skulle det være mulig å by markedet datasystemer, batchterminaler (RJE), og RTOS systemer til langt rimeligere priser enn før. Og — naurligvis full service i alle ledd — vår servicemann nummer 6 trer inn i rekken i disse dager og vi har folk på spesialutdannelse for å møte markedets krav.

La oss diskutere saken.

INTERDATA modell 70:

8.192 byte, hukommelse (Core) (max. 64 K.)
Ordlengde 8,16 eller 32 bits.
16 hoved registere (general purpose) — 16 bits.
15 Index registere.
Multiplikasjon / divisjon, (high-speed hardware)
8 registere for flytende komma — 32 bits hver.
32 bit flytende komma (hardware)
Buffret multiplexer bus for opptil 256 Automatiske I/O kanaler.
Les/skriv blokker
113 instruksjoner.
Data kanal til hukommelse (Interleaved)
Klar for 4 DAM kanaler. (Cycle stealing)
256 Vektor prioriterte avbrudd
Karakter buffret tilpasning til Teletype.
Cycle tid 1 mikrosekund.
Direkte adressering til 65.536 bytes.
Komplett med kraftforsyning, kontrollpanel.
Kun kr. **52.800,—**.
(Tollfritt kr. **49.800,—**.)



Enerrepresentant

RØDLAND & RELLSMO A.S.

ENEBAKKEVIEI 230 OSLO 11

TLF.: 29 30 80

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 1 1972

Redaktør: HAAKON OLSEN

34. årgang

Fysikermøte og årsmøte i Norsk Fysisk Selskap 1972

Norges største by har igjen gleden av å innby til fysikermøte i Norsk Fysisk Selskaps regi, og denne gang i egenskap av universitetsby. Møtet, som altså er lagt til Tromsø, vil bli holdt i tiden 26.—28. juni. Arrangementkomiteen håper at flest mulig kan komme og kan anbefale at møtet kombineres med en ferietur. I tillegg til midnattssol kan byen og landsdelen bl.a. by på egenartet natur, en rekke fortidsminner og en av verdens tre landstasjoner for hvalfangst.

I tillegg til Selskapets årsmøte omfatter programmet de tradisjonelle seksjonsforedrag og en del foredrag av mer almen interesse, som vil bli holdt i plenum. Det store trekplaster her er Nobelprivvinneren Hannes Alfvén, som har sagt seg villig til å holde foredrag om plasmafysikk/kosmisk elektrodynamikk og om problemer i tilknytning til solsystemets opprinnelse og utvikling. Videre har vi ønsket å belyse temaet «Olje» fra en fysisk synsvinkel og har invitert direktør Inge Aalstad ved Norges geologiske undersøkelse, som bl.a. vil snakke om magnetiske målinger og deres betydning for geologisk kartlegging og oljeleting. Likeledes vil vi få et foredrag om seismiske metoder og undersøkelser. I tillegg til dette har industriminister Finn Lied lovet å snakke om «Grunnleggende og anvendt forskning, arbeid og organisasjonsformer». Dette skulle være et (kontroversielt) tema av stor interesse og vil danne opptakten til en mindre debatt.

Vi håper møtedeltagerne også denne gang vil bidra med seksjonsforedrag av ca. 15 minutters varighet. Da det tidligere har vært stor interesse for å høre på kolleger fra andre fagområder enn sitt eget, vil vi denne gang arrangere disse foredrag i bare to parallelleserier, og oppfordrer sam-

tidig bidragsyterne til å forelese forståelig også for fysikere utenfor spesialområdet. Av hensyn til møteprogrammet bes resymeer innsendt så tidlig som mulig og senest 15. mai. Som vanlig vil resymene bli publisert i *Physica Norvegica* og må derfor være skrevet på engelsk.

I tillegg til det faglige program har en også avsatt tid til mer sosiale aktiviteter. Mandag 26. juni har vi f.eks. bestilt pent vær og lokalbåt og vil dra på fisketur. Fisk garanteres. Båten er innelukket og har ølsalg, slik at turen skulle bli vellykket selv om været svikter, og også for ikke-fiskende deltagere. Da de fleste har personlige meninger om fiskeredskap, anbefales eget utstyr. Vi vil imidlertid også skaffe egnert redskap til utlån. Vi vil trolig kunne koke fisken (en del av den) ombord.

Tirsdag kveld arrangeres den tradisjonelle festmiddag, som vil bli fortært på Restaurant Fjellheisen. Herfra har vi utsikt over byen og snødekte Kvaløyfjell og med midnattssolen lavt over horisonten i nord.

Transporten til Tromsø foregår raskest og billigst med fly, og vi vil som forrige gang arrangere gruppereiser fra Bergen, Oslo og Trondheim. Dette vil foregå med kveldsfly fra Bergen og Trondheim søndag 25. juni, mens vi fra Oslo vil prøve å få til to gruppereiser, en om formiddagen og en om kvelden samme dag. Forutsetningen for dette er at minst 10 stykker melder seg til hver gruppe. Om dette skulle bli problematisk for de to Oslo-turene, vil også gruppereisen herfra settes opp på kveldsflyet. Retur-reisen kan velges fritt. Billetter og rengning vil bli sendt deltagerne enkeltvis fra vårt reisebyrå så snart som mulig etter påmeldingsfristen til møtet. Forøvrig anbefales også reise

med hurtigrute fra Bergen, Trondheim eller Bodø, eller med egen bil.

Deltagerne vil bli innkvartert i et hybelbygg for skolelever, A/S Skolehybler, som ligger noenlunde sentralt og midt på øya. Rommene er utstyrt med varmt og kaldt vann, mens toaletter og baderom er felles for flere. Prisen, inkludert frokost, vil være ca. 55 kr. for enkeltrom og 90—95 kr. for dobbeltrom.

Også i år disponeres en del studentstipend, og vi ber hovedfagveilederne gjøre sine studenter oppmerksom på dette. Stipendene vil dekke reise tur/retur Tromsø med student-moderasjon og en del oppholdsutgifter. Studenter som anmelder foredrag eller en kort orientering om sitt fag til seksjonsforedragene, vil bli foretrukket. Søknad om stipend må være oss i hende innen 1. mai. Skjema med opplysninger vil forøvrig bli sendt instituttene til oppslag.

Påmeldingsfristen til møtet er satt til 1. mai, og vi ber deltagerne fortrinnsvis bruke det skjema vi velvilligst har fått trykt i tidsskriftet. Som vanlig vil det bli en registreringsavgift på kr. 50,—. Avgiften vil imidlertid bli innkrevd bare av dem som får beløpet refundert fra sin institusjon.

Detaljert program og saksdokumenter vil bli sendt ut nærmere møtet. Eventuelle spørsmål besvares gjerne av

Arrangementskomiteen for fysikermøtet 1972

Nordlysobservatoriet

Postboks 387

9001 TROMSØ

Bøker

R. C. Whitten og I. G. Popoff: *Fundamentals of Aeronomy*. John Wiley & Sons, Ltd., London 1971 — 446 s., pris innb. £ 7.—

I et forord definerer forfatterne *aeronomi* som «vitenskapen om den øvre atmosfære». Anmelderen vet ikke om det er generell enighet om en slik definisjon, men den beskriver i alle fall innholdet i boken, som er ment som en lærebok for studenter med grunnleggende kunnskaper i fysikk og matematikk.

Det er lagt vekt på å demonstrere hvorledes fundamentale fysiske prinsipper anvendes på problemstillinger innen den øvre atmosfærens fysikk, snarere enn å gi noen detaljert beskrivelse av de meget kompliserte, og fremdeles til dels dårlig klarlagte prosesser som manifesterer seg ved fenomener som magnetiske stortimer, ionosfæriske forstyrrelser, nordlys etc.

Et introduksjonskapitel inneholder en historisk oversikt og en generell omtale av det stoff boken behandler. Deretter følger et kapitel som resymerer en del

Nytt frå styret i Norsk Fysisk Selskap

1. 60 utanlandske fysikarar har meldt seg til rådsmøtet i European Physical Society i Oslo 14. og 15. mars 1972. Dette er truleg den største samlinga av framståande fysikarar ein nokonsinne har hatt i Norge. Nokre av dei vil halde gjesteforelesningar medan dei er her.
2. Siv.ing. Helge Moen, Institutt for Atomenergi, er nominert som kandidat til styret i Division of Computational Physics, European Physical Society.
3. Fleire av medlemmene i selskapet har vist interesse for ei fagleg gruppe i fysikk og miljø. Som interimstyre fram til neste års-møte er desse utnemnde:

Professor Haakon Olsen, Universitetet i Trondheim

Dosent Leif Owren, Universitetet i Bergen
Programsekretær Per Torbo, Norsk Riks-
kringkasting, Oslo

4. Norsk Fysisk Selskap har fått tilbod om spalteplass i «Den Høgre Skole». Lektor Jostein Knutsen vil være kontaktmann.
5. I arrangementskomiteen for Fysikarmøtet i Tromsø 1972 sit Gunnar J. Kvifte (formann), Ove Bratteng og Helge Kleinstad. Opplysningar om møteprogrammet og på-meldingsskjema finn ein annan stad i dette nummeret av FFV.

områder av den grunnleggende fysikk som er av spesiell betydning for de senere kapitler. Dette er et godt kapitel hvis en husker å se det som et resymé, men rommer den fare at studenter kan håpe å lære denne del av fysikken fra kapitlet. Dertil er det altfor overflatisk. I de følgende kapitler behandles så en rekke sentrale emner fra den øvre atmosfærens fysikk og kjemi. Fremstillingen er klar, og det er et rikt utvalg av oppgaver til hvert kapitel. Oppgavene synes pedagogisk riktige; de supplerer teksten og tar sikte på å øve opp studentrene i å anvende sine kunnskaper ut over rene «drill»-øvelser.

Boken er noe skjemmet av trykkfeil. Bl.a. er enkelte henvisninger gale. På et sted har anmelderen funnet en gal utledning av et resultat. Det gjelder dispersjons-relasjonen for såkalte «internal gravity waves».

Til tross for de mange monografier og lærebøker som i de siste år er utkommet med emner fra den øvre atmosfærens fysikk, kan ikke anmelderen se at nærværende bok representerer noen duplisering. Den anbefales med dette som en god introduksjon til denne gren av fysikken.

Olav Holt

Mjuke gittersvingningar og faseomvandlingar

Emil J. Samuelsen

1. Innleiing

I løpet av dei siste ti åra er det blitt vist at der er ein enkel og klår samanheng mellom somme faseomvandlingar i fast krystallins materiale og gittersvingnings-dynamikken i desse materiala. I eit temperaturområde nær faseovergangane kan ein observere at enkelte svingings-tilstandar i materialet endrar karakter. Dei aukar i amplitude og avtar i frekvens, dei blir mjukare. Ein får det som på engelsk blir kalla ein «soft mode», ein mjuk svingingstilstand. Eg skal i denne forelesinga prøve å gjøre greie for dette fenomenet.

2. Faseomvandlingar

Først la meg få seie nokre ord om faseomvandlingar eller faseovergangar. (Eg veit ikkje om ein kanskje skulle nytte desse to orda i litt ulik meinings, men i alle fall skal ikkje eg gjøre nokon skilnad her.)

Dei faseovergangane som er best kjende, er sjølvsagt dei mellom aggregat-tilstandane, frå fast form til flytande ved smelting, og frå flytande til gass-form ved koking eller fordamping. Det er typiske eksempel på diskontinuerlig eller første ordens overgangar. Dei har store latente varmar, og dei to fasane kan lett skiljast åt ved overgangstemperaturen. Slike overgangar er praktisk og teknologisk svært viktige, men dei er ikkje så godt forstått som dei kontinuerlege eller andre ordens overgangar. I ein andre ordens overgang er det ikkje den førstederiverte, men den andredeleriverte av Gibbs fri energi som er diskontinuerleg. Der er ingen latent varme, men anomaliar i spesifikk varme og i t.d. elektrisk eller magnetisk susceptibilitet.

Fasediagrammet (trykk-temperatur) for is kan være ein nyttig illustrasjon. Overgangen frå vatn til is er første orden. Der er mange modifikasjoner av fast is, ikkje mindre enn sju. Også fasegrensene mellom dei ulike modifikasjonane er for det meste av første orden, men der er berre små latente varmar, og somme av overgangane tenderer mot å være kontinuerlege.

Gitterdynamikken ved faseovergangane i is

Prøveforelesning for den filosofiske doktorgrad ved Universitetet i Oslo. Dr. philos. E. J. Samuelsen er forsker ved Institutt for Atomenergi, Kjeller.

har ikkje vore så mykje studert. Men går ein til perovskitt-strukturen, finn ein der ei rekke overgangar som er blitt mykje studert gitterdynamisk, t.d. den para- til ferroelektriske overgangen i BaTiO_3 ved 120°C . At der er ein direkte samanheng mellom dielektriske eigenskapar og gitterstruktur, ser ein av Fig. 1. Vi skal seinare sjå nærmare på ein analog overgang i PbTiO_3 ved 490°C og vi skal sjå at der hører til ein mjuk svingingstilstand, ein «soft mode».

3. Gitterdynamikk og mjuke svingingar

Når ein vil beskrive atomrørslene i ein krys-tall, er det ikkje formålstenleg å diskutere dei einskilde atoma, men heller sjå på dei kollektiviserte *normalrørslene*. Dersom krystallen er harmonisk, kan ein beskrive alle atomvibrasjone ved hjelp av fononar (eller gittersvingings-tilstandar) som er innbyrdes uavhengige. Fo-

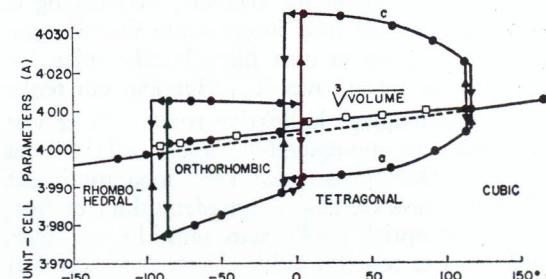
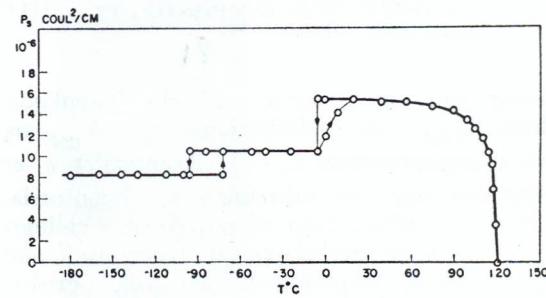
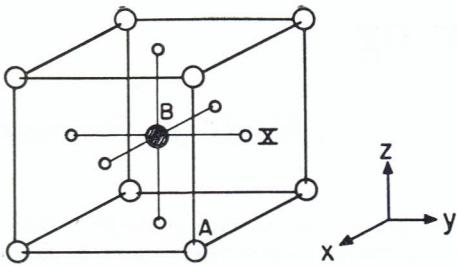
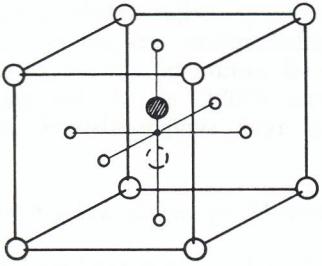


Fig. 1. Faseovergangar i bariumtitatanat. Øvst: Endringar i dielektrisk polarisasjon. Nedst: Endringar i krystallstruktur.



CUBIC PEROVSKITE ABX_3



MOTION OF ATOM B MODE λ

Fig. 2. Kubisk einingscelle for perovskitt-strukturen, t.d. $BaTiO_3$. Nedst er vist ei svinging av Ti^{4+} -ionet langs z-aksen.

nonar kan ein beskrive ved ein fononkoordinat Q_{qsj} , ein polarisasjonsvektor V_{qsj} og ein eksitasjonsenergi $E_s(q)$. Kvantetalet q er bølgjevektoren for utbreiinga av fononrørsla, j markerer tilknyttinga til posisjonar i einingscella, og s er merkelapp for typen av fonon (transversell, longitudinell, akustisk, optisk). Polarisasjonsvektoren V_{qsj} gir retninga for den kollektive svinginga.

No skal vi sjå på einingscella til perovskittgitret, som er gitret for $BaTiO_3$, $PbTiO_3$ og ei rekke andre stoff med interessante faseovergangar. I Fig. 2 ser vi øvst likevektstilstanden for den kubiske fasen, over T_c . Her kan ein tenke seg mange moglege kollektive rørsler. Ei er vist nedst som ein opp-og-ned-vibrasjon av Ti^{4+} -ionet i sentret. Dersom dei seks O^{2-} iona rundt det vibrerer i motfase slik at tyngdepunktet er fast, har ein ei optisk rørsle som samtidig er *polar*, fordi iona er motsett ladde. Dette fører oss rett inn i bildet for ein mjuk svingingstilstand (soft mode). Soft-mode-bildet seier nemleg at det til kvar faseomvandling hører i alle fall ein sving-

ingstilstand som er *ansvarleg* for omvandlinga, og denne softmode må ha same *symmetri* som den fasen overgangen skjer til. Det er lett å tenke seg at i tilfellet overgang fra kubisk paraelektrisk perovskitt til tetragonal ferroelektrisk fase, må det koste mindre og mindre energi å eksitere den polare tilstanden etter som ein kjøler krystallen ned mot overgangstemperaturen T_c . Rørsla må bli langsam, for til slutt å *stivne eller kondensere* til den nye likevektskonfigurasjonen i ferroelektrisk fase. Ei liknande betraktning kan ein gjøre for oppvarming under T_c . Vi ventar derfor at denne mjuke svingingstilstanden har ein energi som går mot null på begge sider av overgangstemperaturen. Det er eit enkelt og naturleg bilde vi her har utvikla for faseovergangen. Statisk sett skjer overgangen ved ein bestemt temperatur T_c , men dynamisk sett har overgangen vore igang over eit stort temperaturområde på begge sider av T_c . Krystallen har visst om at ein overgang nærma seg og har vore budd.

Dette bildet gjeld strengt tatt berre for andre ordens (kontinuerlege) overgangar, og det er i samsvar med Landau's teori for slike når det gjeld symmetrikrav mellom dei to fasane. I praksis viser det seg at mange overgangar som dynamisk sett primært er andre ordens, på grunn av koplingar mellom det mjuke fononet og andre fononar, i siste instans kan bli av første orden. Dette gjeld t.d. dei ferroelektriske overgangane i $BaTiO_3$ og $PbTiO_3$.

Soft-mode-hypotesen vart i si moderne form lagt fram av P. W. Anderson og W. Cochran omkring 1960. Cochran er den av dei to som har fulgt opp ideen mest, og ein kan støyte på nemninga «Cochran mode». Sjølv ideen kan sporast lenger tilbake. Hypotesen er blitt verifisert eksperimentelt for ein serie av faseomvandlingar, særleg for perovskittar, men også for mange andre strukturar, og vi skal no gå over til å sjå på nokre spesielle eksempel.

4. Ferroelektrisk overgang i blytitanat

Ferroelektriske faseovergangar var dei som først vart undersøkt etter soft-mode-bildet. Eksitasjonsenergien for fononar kan ein mest direkte måle ved infrarød eller Ramanspektroskopi og ved uelastisk nøytralstralspreiing. Dei spektroskopiske metodane kan gi energien berre i Brillouin-sonesentret, for $q = 0$.

I Fig. 3 er vist temperaturvariasjonen av ein del Ramanlinjer i den tetragonale ferroelektriske fasen av $PbTiO_3$ målt av Scott og medarbeidrarar ved Bell-laboratoriet. Overgangstemperaturen er

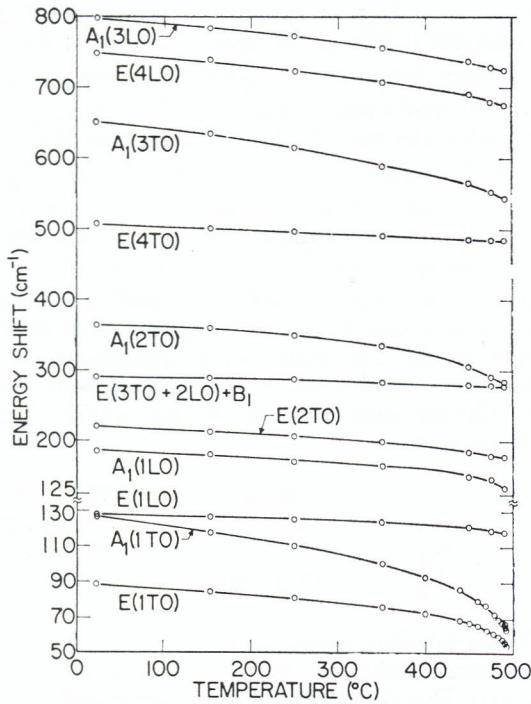


Fig. 3. Temperaturvariasjon av energiar for Ramanlinjer i spektret frå tetragonal PbTiO_3 . $E(\text{ITO})$ er den mjuke svingingstilstanden for overgang til kubisk fase ved 490°C .

490°C . Over den temperaturen er dei fleste linjene ikkje Ramanaktive. Ein ser at spesielt den lågaste linja, som er for eit transverselt optisk fonon (TO), er sterkt temperaturavhengig, men energien går ikkje til null ved T_c fordi overgangen der er diskontinuerleg og av første orden. Det er likevel denne TO som er den mjuke svinginga for overgangen.

Der eksisterer ein relasjon for dielektrika mellom fononfrekvensar og dielektrisk konstant av Lyddane, Sachs og Teller:

$$\frac{\varepsilon(0)}{\varepsilon(\infty)} = \prod_i \frac{\omega^i_{\text{LO}}}{\omega^i_{\text{TO}}} \quad (1)$$

Fra denne relasjonen kan ein no forstå at dielektrisitetkonstanten har ein anomali ved T_c når ein går frå paraelektrisk til ferroelektrisk fase, for når ω_{TO} (for det mjuke fononet) blir liten nær T_c , vil $\varepsilon(0)/\varepsilon(\infty)$ auke sterkt.

I høgtemperaturfasen, som er paraelektrisk, følger dielektrisitetkonstanten $\varepsilon(0)$ eksperimentelt ei Curie-Weiss' lov, som ein veit:

$$\varepsilon(0) = \frac{C}{T - T_0} \quad (2)$$

For PbTiO_3 er det ω_{TO} som prosentvis endrar seg sterkt med temperaturen. Ein ventar derfor frå (1) og (2) at over T_c vil ω_{TO} ha ein temperaturvariasjon omtrent som

$$\omega_{\text{TO}} = A \cdot (T - T_0)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Figur 4 viser frekvensane av TO-fononet mot temperaturen målt med nøytronar av Shirane og Axe. Innanfor feilgrensene er (3) oppfylt, men T_0 fell ikkje saman med T_c fordi overgangen er litt diskontinuerleg.

5. Dynamisk krystallografi

I førre avsnitt viste vi at TO-fononenenergien for $q = 0$ er sterkt temperaturavhengig både over og under T_c . Der er ei «mjuk svinging» assosiert med faseovergangen. Men det vart ikkje vist eksplisitt kva for ei rørsle dette TO-fononet beskriv, t.d. at det er ein kollektiv vibrasjon av Ti^{4+} ionet mot dei seks O^{2-} iona. Ein kan rett nok finne indirekte indikasjonar på rørsletypen ved å studere utlokkingsreglar og polarisjonsforhold i Ramanspektra, men direkte opplysningar kan ein få ved det ein kan kalle *dynamisk krystallografi*. For å forklare dette omgrepet skal vi forlate PbTiO_3 og sjå på ein ikkje-ferroelektrisk strukturovergang, $\alpha - \beta$ overgangen i kvarts ved 573°C .

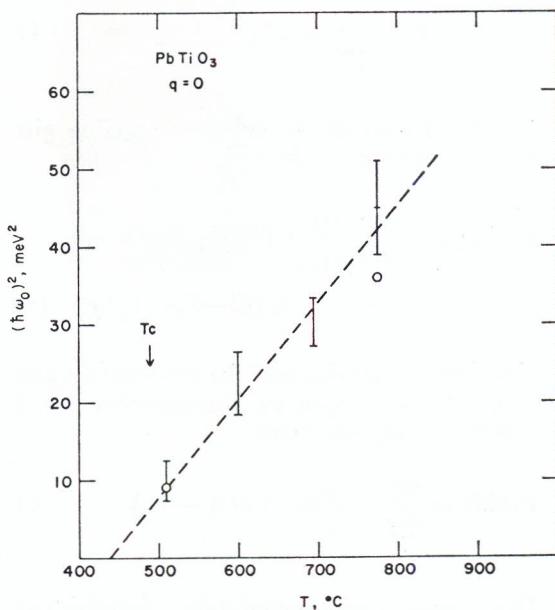


Fig. 4. Energien for mjuk svinging i kubisk fase av PbTiO_3 målt ved hjelp av uelastisk nøytronspreiing.

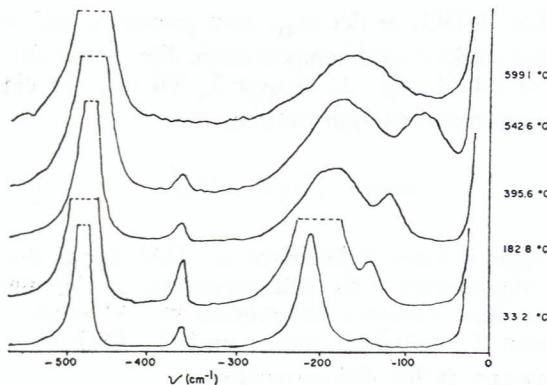


Fig. 5. Ramanspektra for α -kvarts ved ulike temperaturar. Linja med lågast energi går mot null ved overgang til β -kvarts ved 573°C .

At der er mjuke fononar her, ser ein av Fig. 5 som viser Ramanspektra ved mange temperaturar. Vi skal no sjå på nøytronstudiet av Axe og Shirane av linja ved 207 cm^{-1} (ved romtemperatur).

Figur 6 viser atomforskyvingane i SiO_2 fra β til α -fasen. Dersom mjuk-fononbildet er rett, skal vibrasjonane i TO-linja ved 207 cm^{-1} være av samme type som dei statiske forskyvingane. Der er fire moglege vibrasjonstilstandar med rett symmetri. Den aktuelle svinginga kan være ein vilkårleg kombinasjon av desse fire:

$$S = \sum_{i=1}^4 s_i \cdot S_i \quad (4)$$

No er intensiteten av uelastisk spreiing gitt ved ein dynamisk strukturfaktor

$$F_s(hkl, q) = \sum_j \frac{b_j}{V_m j} \cdot (K \cdot V_{qsj}) \cdot e^{i\tau_{hkl} \cdot \theta_j} \delta(E' - E_0 - E_s(q)) \quad (5)$$

Uttrykket liknar den statiske strukturfaktoren ein nyttar ved analyse av Braggspreiing for å bestemme atomposisjonane

$$F(hkl) = \sum_j b_j e^{i\tau_{hkl} \cdot \theta_j} \delta(E' - E_0) \quad (6)$$

Den same spreiingsamplitude (formfaktor) b_j og fasefaktor inngår, men den dynamiske faktoren har uttrykket ($K \cdot V_{qsj}$) i tillegg,

vektorproduktet av spreiingsvektor og polarisasjonsvektor. Når θ_j er kjent frå elastisk spreiingsekspertiment ((6)), kan ein bestemme V_{qsj} frå (5) ved å måle intensiteten for samme q og energioverføring ($E_s(q)$) ved mange hkl.

Ved å uttrykke polarisasjonsvektoren V_{qsj} ved den samansette svinginga S i (4), kan ein då ved minste kvadratars tilpassing bestemme vekttala s_i i (4). I praksis kan ein berre bestemme forholdet mellom dei fordi ein ikkje måler absolute intensitetar. Figur 7 viser resultatet av slik tilpassing. Det er interessant å samanlikne dei dynamiske amplitudane som Axe og Shirane fann med dei kjende statiske forskyvingane:

	Statisk	Dynamisk
S_1/S_2	49 ± 0.017	54 ± 0.17
S_3/S_2	802 ± 0.037	80 ± 0.05
S_4/S_2	13 ± 0.052	28 ± 0.06

Denne tabellen saman med Fig. 7 viser klårt at soft-mode-bildet er rett for α - β -overgangen i kvarts. Der eksisterer ein mjuk svingingstilstand, og han inneholder dei same relative amplitudar som dei statiske forskyvingane. Ein betre demonstrasjon kunne ein snautt vente seg.

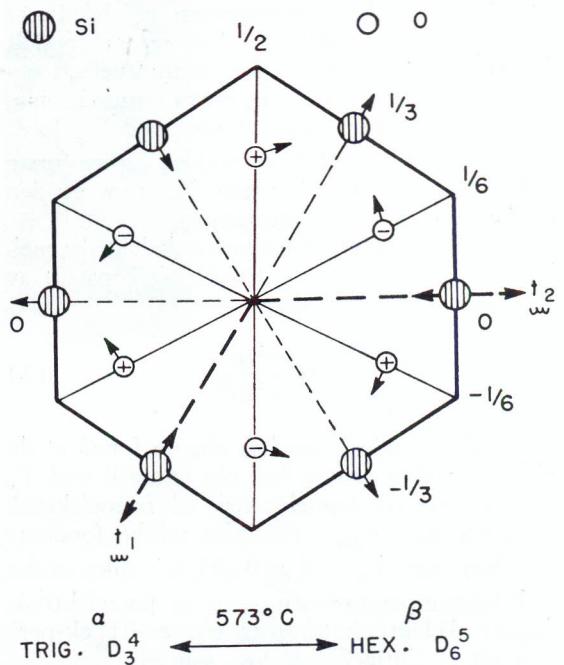


Fig. 6. Relasjon mellom α - og β -kvarts. Atomforskyvingar fra β - til α -fasen sett langs den heksagonale c-aksen, O oksygen, O silisium.

$$(\hbar\omega)^2 \sim T - T_c \quad (7)$$

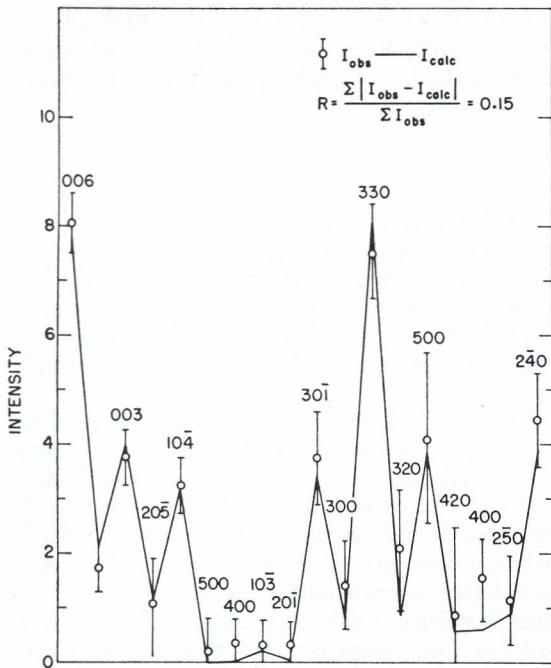


Fig. 7. Målt og berekna intensitetar av nøytronar spreidd uelastisk frå fononet i α -kvarts med 207 cm^{-1} energi ved $q = 0$ og romtemperatur.

6. Glansnumret: Overgangen i strontium-titanat ved 105° K

SrTiO_3 har ein overgang frå kubisk perovskitt over 105° K til tetragonal under. Denne overgangen har vore studert nøye med diffraksjon, paramagnetisk resonans og uelastisk lys- og nøytronspreiing. Overgangen representerer den beste demonstrasjon av soft-mode-bildet ein kjener, og han er av nesten perfekt andre orden.

Strukturen over og under 105° K er kjend. I kubisk fase har ein ein struktur som i Fig. 2a. I den tetragonale fasen skjer ei dreiling rundt ein av kube-aksane av oksygenoktaedret vekselvis til høgre og til venstre. Dette inneber etter soft-mode-modellen at den mjuke svinginga er den rørsle som beskriv denne ut-av-fase rotasjon av oksygenoktaeder. Ei slik rørsle har q -verdi ved sonegrensa. Så snart dette vart klårt, gjekk fleire grupper av forskarar i gang med å leite etter dette mjuke fononet. Cowley i Chalk River, og Shirane og Yamada i Brookhaven fann at langs 111-retninga har ein eit bilet som vist i Fig. 8. Ein legg merke til at energien er særslig låg ved sonegrensa, det er i det såkalla R-hjørnet av Brillouinsonen. Vidare fann dei at energien der er sterkt temperaturavhengig og ekstrapolerer til null ved 105° K etter formelen

i samsvar med det ein ventar for ein andre ordens overgang. Og ikkje berre det, men dette R-punktet, som har kubiske koordinatar $\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2}$, blir eit nytt resiprokt gitterpunkt i den tetragonale fasen, og der ein over T_c har spreiing frå fononet, får ein under T_c elastisk Bragg-spreiing. Om det må ein ha lov å seie at fononet til gangs har kondensert ut ved T_c . Ikke rart at dette er glans-numret blant soft-fononistane.

Teoretikarane har med stor iver kasta seg over dette interessante studieobjektet, og vesentlege bidrag er gjort også av folk her frå Blindern. Pytte og Feder har sett opp ein modell som gjør det mogleg for dei å rekne ut fononenergiar mot temperaturen over og under T_c . Dei bestemmer også dreiingsvinkelen for oksygenoktaedret mot temperaturen, og ved å ta omsyn til kopling til akustiske fononet kan dei berekne effektar på lydhastighet og ultralyddemping.

Det har i det aller siste vore oppdagat at der i tillegg til dette mjuke fononet er andre dynamiske effektar å observere ved R-punktet, men vi skal ikkje komme inn på dette her.

7. Andre tilfelle

I tabellen er vist ein oversikt over materiale med faseovergangar som har vore studerte med

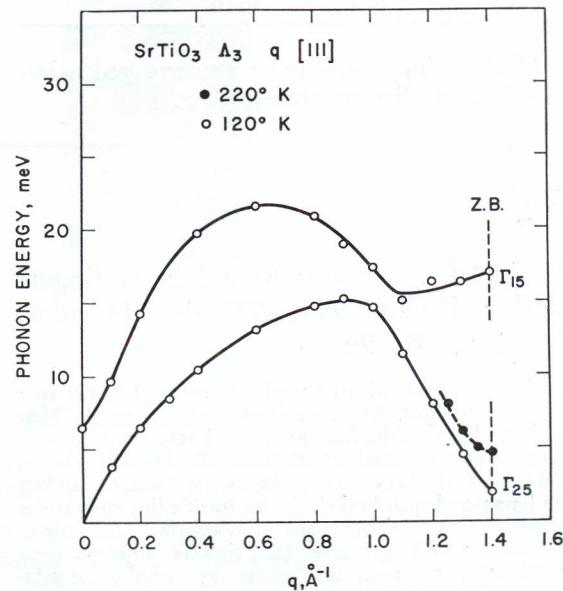


Fig. 8. Målt dispersjonsrelasjon $E_s(q)$ langs [111] for fononet i strontiumtitat. Energien ved sonegrensa går mot null ved 105° K .

uelastisk lys- og/eller nøytronspreiing. Som ein ser er dei myke sviningane ikkje alltid optiske sviningar, men også akustiske som for Nb_3Sn og V_3Si . Vidare legg ein merke til tilfellet $\text{Tb}_2(\text{MoO}_4)_3$, som blir ferroelektrisk ved eit mykt fonon i M-punktet. Her er det piezoelektrisk kopling mellom M og Γ -punktet som gir opphavet til ferroelektrisitet. Vidare har ein dei to tilfella KD_2PO_4 og $\text{NH}_4\text{D}_2\text{PO}_4$, som er ferro- og antiferroelektriske ved at D-atoma er underlagt ein orden-uordenovergang.

Tabell 1

Materiale	Overgangs-temperatur	«Soft Mode»	Dielektr. tilstand	Demping
SrTiO_3	105° K	R		
KMnF_3	186° K	R, M		H
LaAlO_3	535° C	R		H
SrTiO_3	< 0° K	Γ	F	
KTaO_3	< 0° K	Γ	F	
BaTiO_3	130° C	Γ	F	H
KNbO_3	420° C	Γ	F	H
PbTiO_3	490° C	Γ	F	
SiO_2	573° C	Γ		H
KD_2PO_4	220° K	Γ	F(P)	OD
$\text{ND}_4\text{D}_2\text{PO}_4$	240° K	M	antiF(P)	OD
$\text{Tb}_2(\text{MoO}_4)_3$	160° C	M	F(P)	H
V_3Si	21° K	TA		H
Nb_3Sn	45° K	TA		
SbSI	288° K	Γ	F	
GeTe	300° C	Γ	F	

Mjuk sviningstilstandar studerte ved uelastisk lys- og/eller nøytronspreiing.

Bøker

H. Bittel, L. Storm: Rauschen. Springer-Verlag, Berlin 1971. XII + 341 sider, 156 fig., DM 96,—

Titelen gir grunn til litt sproglig ettertanke: emnet som boken behandler, kalles vanligvis støy på norsk. Men med Sinding «Frühlingsrauschen» i minnet, som vanligvis oversettes med «Vårbrus», ville egentlig «brus» være mest dekkende (jf. «brus» på svensk). Boken gir fenomenologisk beskrivelse av forskjellige stokastiske prosesser som i elektroniske komponenter (halvledere, vakuumper etc.) og kretser (to-, firpoler, antenner etc.) frembringer de meget små strøm- og spenningsvariasjoner som vi altså kaller støy. Derimot behandles ikke støy i forbindelse med telekommunikasjon og overføring av informasjon.

Foruten i de nevnte komponenter og kretser, kan

$\Gamma = (ooo)$, $R = (\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2})$, $M = (\frac{1}{2}\frac{1}{2}0)$, $F =$ ferroelektrisk, $P =$ piezoelektrisk, $H =$ sterke demping, $OD =$ overdemping, $TA =$ transversell akustisk.

8. Avslutning

Vi har gitt ei framstilling av samanhengen mellom gitterdynamikk og visse strukturelle faseovergangar. Nær overgangstemperaturen blir bestemte sviningstilstandar myke, og overgangen kan følgjast kontinuerleg ved at eksitasjonsenergien går mot null på begge sider av omvandlinga.

Vi har ikke kome inn på årsakene til at visse sviningar blir myke, og dette er eit felt som berre delvis er forstått. Fenomenet kan beskrivast ved å ta omsyn til ikkje-harmoniske vekselvirkingsledd mellom atoma, for berre om vekselvirkingspotensiala er harmoniske, er fonanane uavhengige eigentilstandar. Anharmonisitet innfører koplingar mellom dei, og ein kan då lett beskrive faseovergangen fenomenologisk. Parametrane kan ein finne ved tilpassingar til eksperiment. Berre i få tilfelle kan ein gi ei mikroskopisk atomær årsak til anharmonisitet. Eit slikt tilfelle er der ein har å gjøre med Jahn-Teller-ion. Der vil det være ei direkte kopling mellom elektrontilstand og krystallgeometri. Jahn-Teller-overgangar førekjem i ei rekke spinellar med innskots-ion.

Men for dei fleste overgangar som er blitt studerte, er det rett å seie at soft-mode-bildet ikkje gir ei forklaring av overgangane, men ei dynamisk beskriving.

nevnes termisk støy i ohmsk motstand, resonanskrets, kvantestøy (Schrot-Effekt) i ferromagnetika, Brownske bevegelsers innvirkning på galvanometeret, egenstøy i mikrofoner og i piezoelektriske sensorer, m. m. Et eget kapitel er viet måling av frekvensspektre og oppbyggingen av spektrometere og korrelatorer. I det siste kapittelet, Mathematische Hilfsmittel, bringes begreper og regler fra sannsynlighetsregningen og stokastiske prosessers teori (både generelle og mer spesielle prosesser). Selv om litteraturlisten bare omfatter 30 referanser, er dog 27 datert fra 1955 til 1969.

Boken er greit og behagelig systematisk redigert, med en behandling av de enkelte emner som gir det vesentligste uten å fortape seg i detaljer. Den skulle være av interesse for mange innen fysikernes og svakstrømingeniørenes rekker. I stil med tradisjonen har forlaget gjort et godt arbeid. — Et PS: nå vet vi hvordan støyen fremkommer; en bok om hvordan man reduserer uønsket virkning av den, eller eventuelt kan nyttiggjøre seg den, kunne være ønsket som fortsettelse.

H. Torgersen.

Store danske investeringer i international atomforskning

65 millioner kroner ventes bevilget til skandinavisk center ved Risø og accellerator-gigant i Schweiz

Dansk deltagelse i to store internationale atomforskningscentre vil inden 1980 betyde ?????? bevillinger på ca. 65 millioner kroner.

I nordisk samarbejde skal etableres en stor accellerator til kerneforskning. Den ventes placeret ved Niels Bohr instituttet ved Risø og vil koste 103 millioner kroner at bygge og 12—13 millioner kroner i årlig drift. Dansk anlægsandel bliver 24 millioner kroner fordelt på fem år, af driften ca. tre millioner.

Undervisningsminister Knud Heinesen har nu sendt en positiv dansk indstilling videre til sine kolleger i Norge, Sverige og Finland sammen med en kraftig anbefaling af placeringen ved Niels Bohr instituttets Risøafdeling. Projektet forventes realiseret i den nordiske kulturaftales rammer.

Det andet internationale projekt, Danmark nu tilslutter sig, er accelleratorgiganter, der er ved at blive bygget ved det europeiske forskningscenter Cern ved Geneve.

Accelleratoren her får en diameter på 2,4 kilometer. I kæmpekarusellen bringes kernekernepartikler nær lysets hastighed under styring af kæmpe-magneter og med en indsats på 300 milliarder elektronvolt. Kæmpen koster 2100 millioner kroner at bygge, og Danmarks andel udregnet efter bruttonationalproduktet bliver 2,27 procent eller 39 millioner kroner fordelt over otte år fra 1971—72.

Regeringens forskningsudvalg har nu tilsluttet sig indstillingen fra forskningsrådene og finansudvalget får sagen forelagt ved sit næste møde.

Vi var tidligt med i planlægningen, men har nølet sammen med Grækenland siden 1970. Ved at indtræde med et års tilbagevirkende kraft — via tillægsbevillingsloven — opnår vi de fulde fordele af samarbejdet om højenergiforskningen.

— Der findes en rig tradition for kernestrukturforskning i Skandinavien, siger professor dr. phil. Karl Ove Nielsen, Aarhus Universitet. Vi samarbejder om de eksisterende accelleratorer i fællesskab og har til sammen stor ekspertise i den eksperimentelle forskning af kernestrukturen.

Teoretisk har vi måske verdens stærkeste centrum for kernestrukturforskning samlet omkring Niels Bohr instituttet og Nordita, og det er naturligvis i et tæt samarbejde.

De skandinaviske institutter bak Nordac-forslaget var enige om en placering nær Niels Bohr instituttets og Norditas her teoretiske forskningsmiljøer. Tandemaccelleratoranlægget de til 30—40 millioner kroner kan bruges som injektor af tunge ioner i accelleratoren — en stor besparelse for projektet og større udbytte af tandemaccelleratoren.

På Aarhus Universitet får vi næste januar vor egen tandemaccellerator i drift. Her arbejder vi med tunge ioner i atomfysikken og kan fortsætte i fint samarbejde med kernefysikeeksperimenter på et Nordac-center, slutter Karl Ove Nielsen.

— cbo.

(Morgenavisen, Jyllands-Posten,
lørdag 26. februar, 1972)

«KNOW-HOW '72» I OSLO

Første internasjonale forum for innovasjon i Europa.

Et arrangement som i seg selv er en nyskapning vil finne sted i Oslo i tiden 6. til 12. november i år. Det er Norges Varemesse som står bak det første internasjonale forum for innovasjon i Europa. Formålet er å skape en fysisk møteplass for tilbydere og prospektive avtageres av lisenser og know-how, spesielt produkter og prosesser som er tilgjengelige for Skandinavia og de øvrige europeiske land. Tilbudene behøver ikke være knyttet til fysiske objekter, idet enhver form for teknisk eller kommersiell «software» vil falle innenfor rammen av arrangementet. Det samme gjelder for «joint-venture interests».

Ingen vanlig utstilling

«Know-How '72» er ikke først og fremst tenkt som et tradisjonelt utstillingsarrangement med individuell deltagelse. Tilbyderne vil opprette gjennom deltagelse i større nasjonale avdelinger eller paviljonger fra nasjonale bransjeorganisasjoner, institusjoner og foreninger. Større selskaper vil imidlertid kunne få sine egne stands der hvor det er naturlig, og da helst i tilknytning til den nasjonale fellesrepresentasjon. Internasjonale lisensmeglere er velkomne til å delta, og spesielt venter arrangøren at nasjonale forskningsinstitusjoner vil presentere sine tilbud under «Know-How '72». De forskjellige typer deltagere vil sammen bidra til den diffusjon av teknologi som regnes for å være så verdifull i den internasjonale utvikling.

På resurs-siden regner man med deltagelse fra de industrialiserte land i Europa, foruten Japan, USA og Canada.

Uformelle kontakter, informative møter, og konkrete forhandlinger vil utgjøre en viktig del av «Know-How '72», og arrangementet vil derfor i stor utstrekning få preg av et konferanse-landskap. Alle paviljonger vil bli utstyrt med egne møterom, og dessuten vil det finnes tilgjengelig større konferanserom som kan disponeres av deltagerne etter avtale med arrangøren. Tilbudene kan presenteres på forskjellige måter: Ved å vise fysiske produkter, prosessdiagrammer, fotografier og tegninger — eller man kan anvende internt TV, film eller slides. «Know-

How '72» skal ikke være prestisjepreget, og arrangørene tar sikte på at ingen nasjon gjennom sin deltagelse skal dominere arrangementet. Utgangspunktet er en standardpaviljong på 25 m² som imidlertid kan utvides på basis av omfang og natur av presentasjonen.

Seminarer og spesialpresentasjoner

En viktig del av arrangementet vil bli det planlagte lisens-seminar. Dette vil dels ta for seg problemer i forbindelse med lisens-kjøp innen spesielle bransjer, dels kjøp og salg av lisenser i de enkelte land. Man legger opp denne del av programmet i samarbeid med «The Scandinavian Chapter of Licence Executive Society» og «The Norwegian Export School». Norges Varemesse regner med at seminaret vil gå over 3 dager. Internasjonale kapasiteter på området vil bli invitert til å holde hovedforedragene og lede diskusjonen.

Tilbudene fra samtlige deltagere vil bli registrert i en egen lisens-indeks oppdelt i seksjoner. Indeksen vil i god tid på forhånd bli distribuert til anmeldte besøkende, slik at disse vet hva de søker når arrangementet åpner. Arrangøren vil også kunne hjelpe med kontaktformidling, slik at tilbyder og kjøper på forhånd kan gjøre avtaler om møter og eventuelle demonstrasjoner. Det er ventet at «Know-How '72» vil omfatte ca. 5 000 lisenser, og det er derfor av den aller største betydning at en lisensindeks er tilgjengelig som veiviser og hjelpemiddel for de besøkende.

En snarvei til innovasjon

Bakgrunnen for arrangementet ligger i det faktum at den internasjonale handel med usynlige varer er i stadig vekst. Utviklingen har medført at kravene til innovasjon er økende. Egen forskning og produktutvikling er imidlertid for dyrt for mange selskaper, og er dessuten forbundet med risiko og begynnervansker. Kjøp og salg av know-how og lisenser har derfor fått en økende betydning som et rimeligere og hurtigere alternativ til ren egeninnssats i innovasjonsprosessen. Samtidig bidrar dette til en diffusjon av teknologi over landegrensene. For tilbyderne betyr lisenssalg muligheter til raskere markedsdekning og dermed fotfeste på verdensmarkedet. Tilbakeføring av driftserfaringer, bedre servicemuligheter og større fleksibilitet er andre fordeler ved salg av know-how og lisenser.

KONFERANSER 1972

5 - 6 April

Hyperfine Interactions
M. A. H. McCausland, Department
of Physics, The University, Man-
chester M13 9PL

5 - 7 April

4th International Conference on
High Energy Collisions (Stony-
brook Series)
Oxford, UK
G. Manning, Rutherford High
Energy Laboratory, Chilton,
Didcot, Berkshire

22 - 25 mai

2nd Int. Conf. on Vapour Growth
and Epitaxy
M. Schieber, Dept. of Physics, The
Hebrew University, Jerusalem,
Israel

22 - 23 June

The Solid-Vacuum Interface
A. van Silfhout, Secretary Sympos-
ium Committee, T.H.T., Afd.
Technische Natuurkunde, POB
217, Enschede, Holland

22 - 29 June

Planetology
Montreal, Canada
P. M. Millman, National Research
Council of Canada, Radio and
Electrical Engineering Division,
Ottawa 7

3 - 5 juli

Band Structure in Solids
Exeter, UK
E. P. Wohlfarth, Department of
Mathematics, Imperial College,
Exhibition Road, London SW 7

17 - 21 juli

7th Int. Symp. on the Reactivity
of Solids. Holdes i Bristol, England
J. S. Anderson, Organic Chemistry
Lab., Univ. of Oxford, South
Parks Road, Oxford OX 1 30R,
England

18 - 21 juli

Nuclear and Space Radiation
Effects, Seattle, Washington, USA
R. S. Caldwell, The Boeing Com-
pany, POB 3999, Seattle, Wash.
98124

18 - 21 juli

6th Int. Cyclotron Conference.
M. K. Craddock, TRIUMF, Univ.
of British Columbia,
Vancouver 8, B.C., Canada

19 - 21 juli

International Conference on Radia-
tion Damage and Defects in Semi-
conductors
Reading, UK
J. E. Whitehouse, J. J. Thomson
Physical Laboratory, White-
knights, Reading RG6 2AF,
Berkshire

20 - 26 juli

Teaching Physics to Students in
Physics, Related Sciences and
Engineering
W. Kroebel, Inst. Angew. Physik,
Univ. Kiel, 23 Kiel, Vest-Tysk-
land

25 - 29 July

11th International Conference on
the Physics of Semiconductors
Warsaw, Poland
L. Sosnowski, University of
Warsaw, Krakowskie
Przedmiescie 26-28, Warsaw

July - August

3rd International Conference on
Medical Physics
Gothenburg, Sweden
S. Benner, Langaslidens 22,
S-412 70 Gothenburg

Ikke fastlagt

Symposium on the Physics of Dense
Matter
Holdes i København. Inf.:
C. DeJager, The Astronomical Inst.,
21 Beneluxlaan, Utrecht,
Netherlands

Sommer/høst

Centenary of the Boltzman
Equation
P. Mazur, Instituut—Lorentz voor
Theoretische Natuurkunde,
Nieuwsteeg 18, Leiden, Nether-
lands
Holdes i Wien, Østerrike

August

Luminescence
Holdes i Leningrad, USSR
E. F. Bertaut, Lab. d'Electro-
statique, Cedex 166, 38 Grenoble
—Gare, Frankrike

August

17th URSI General Assembly
Warsaw, Poland
URSI, 7 Place Emile Danco,
B-1180 Brussels, Belgium

August

Nuclear Structure Study with
Neutrons
Balaton, Hungary
D. Kiss, Central Research Institute
of Physics, POB 49,
Budapest 114

7 - 11 August

3rd International Conference on
Atomic Physics
Boulder, Colorado, USA
S. J. Smith, JILA, University of
Colorado, Boulder, Col. 80302

14 - 18 August

Physics and Chemistry of Ice
Ottawa, Canada
M. K. Ward, Executive Secretary,
International Symposium on the
Physics and Chemistry of Ice,
c/o National Research Council
of Canada, Montreal Road,
Ottawa 7

20 - 26 august

XIII Int. Conf. on Low Tempera-
ture Physics
R. H. Kropschdt, Cryogenics Divi-
sion, Nat. Bur. of Standards,
Boulder, Colorado 80302, USA

21 - 25 August

Extended Atmospheres and
Circumstellar Matter in Spectro-
scopic Binary Systems
Victoria, B.C., Canada
K. O. Wright, Dominion Astro-
physical Observatory, Victoria,
B.C.

21 - 26 August

17th Ampere Colloquium-Magnetic
Resonances and Related Pheno-
mena
V. Hovi, Wihuri Physical
Laboratory, University of Turku,
20500, Turku 50

27 August - 7 September

9th General Assembly and Inter-
national Congress of Crystallo-
graphy
Kyoto, Japan
Y. Saito, Executive Secretary,
Japanese Organizing Committee,
9th IUCr Congress, The Institute
for Solid State Physics,
The University of Tokyo, 7-22-34
Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106

28 august - 1 september

Few Particle Problems on the
Nuclear Interaction
Ivo Slaus, Phys. Dept., University
of California, Los Angeles,
Calif. 90024, USA

September

Interaction of Electrons and Strong
Electromagnetic Fields
Balatonvilágos, Hungary
J. Bakos, Central Research Institute
for Physics, POB 49,
Budapest 114

September

Molecular Spectroscopy
Wroclaw, Poland
Institute of Low Temperatures and
Structural Research, Polish
Academy of Sciences,
Pl. Katedralny 1, Wroclaw

3 - 8 september

2nd Int. Conf. on the Properties of
Liquid Metals
M. Tnaka, Dept. Applied Science,
Faculty of Engineering,
Tohoku University, Sendai 980,
Japan

4 - 8 september

Nuclear Moments and Nuclear
Structure
K. Sugimoto, Dept. of Physics,
Osaka University, Toyonaka,
Osaka 560, Japan

5 - 12 September

5th European Congress on Electron
Microscopy (EMCON 72)

Manchester, UK

L. Lawrence, Administrative
Secretary, EMCON 72,
The Institute of Physics,
47 Belgrave Square, London SW 1

6 - 13 september

XVI Int. Conf. on High Energy
Physics
Holdes i Chicago, USA
R. R. Wilson, N.A.L., Box 500,
Batavia, Illinois 60510, USA

12 - 15 September

Solid State Devices Conference
Lancaster, UK
C. Hilsum, Royal Radar Establish-
ment, St. Andrews Road,
Malvern, Worcs.

19 - 22 september

4th Int. Conf. on Magnet
Technology.
J. P. Blewett, Brookhaven Nat.
Lab., Upton L.I., New York
11973, USA

EPS General Conference

3 - 6 October

Trends in the Development of
Modern Physics

Wiesbaden, Federal Republic
of Germany

European Physics Society,
PÖB 309, CH-1227 Carouge—
Geneve, Switzerland

9 - 13 oktober

9th Congress of ICO: Space Optics
D. S. Nicholson, P.O. Box 95213,
Los Angeles, Calif. 90045, USA

23 - 26 november

1st Int. Conf. on Modulation
Spectroscopy
B. O. Seraphin, Optical Sciences
Center, Univ. of Arizona.
Tucson, Arizona 85721, USA

18 - 22 December

6th Texas Symposium on
Relativistic Astrophysics
A. G. W. Cameron, Belfer Graduate
School of Science,
Yeshiva University, New York,
N.Y. 10033

PERSONALIA

På Institutt for Atomenergi, Kjeller, har vi i den siste tida fått to nye doctores, idet siv.ing. E. J. Samuelsen og cand real. A. F. Andresen begge har levert inn og nylig forsvarst sine avhandlinger på disputaser ved Universitetet i Oslo.

E. J. Samuelsens avhandling hadde tittelen: «Spin waves and magnetic interactions in anti-ferromagnets with corundum structure». Den besto av 4 publiserte artikler som behandler teoretiske og eksperimentelle undersøkelser av spinnbølger i stoffene kromoksyd, Cr_2O_3 , og jernoksyd, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, eller hematitt, ved hjelp av nøytronspredning. De to stoffene har begge en krystallstruktur som tilsvarer stoffet korund ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$). Begge stoffene har også antiferromagnetiske ordninger av de magnetiske momenter, men de atskiller seg på karakteristisk måte fra hverandre. Med kjennskap til dispersjonslikningene for spinnbølgene har Samuelsen så utledet vekselvirkningskretene mellom de atomære momenter og kunne dra interessante slutsatser om årsakene til de karakteristiske magnetiske ordningsmønstre for de to stoffene. De første arbeidene ble utført ved IFA mens de to siste artiklene beskrev eksperimenter utført ved høyfluksreaktoren i Brookhaven, USA.

A. F. Andresens avhandling hadde tittelen: «Neutron diffraction studies of some phases

having an NiAs-type or closely related crystal structure». Den besto også av publiserte artikler, i alt 8 stykker. Han hadde undersøkt det statisk krystallografiske og magnetiske ordningsmønstret i diverse kjemiske forbindelser mellom innskuddsgrunnstoffer som jern, krom og mangan og stoffer som svovel, selen og tellur ved hjelp av nøytrondiffraksjon. Det viste seg at de magnetiske ordningsmønstre ikke bare varierte sterkt med atomenes avstander og innbyrdes orientering, men også med prøvenes framstillingsmetode og varmebehandling. I løpet av arbeidet hadde Andresen også funnet noe som er alle krystallografers drøm, nemlig en magnetisk spiral. Spiralstrukturer manifesterer seg gjerne ved satellittrefleksjoner på begge sider av hovedrefleksjonene.

Andresens arbeid hadde foregått i nært samarbeid med folk på Kjemisk Institutt, Universitetet i Oslo og var hovedsakelig utført på IFA. En del målinger var likevel foretatt ved reaktorene i Petten, Nederland, Würenlingen, Sveits og Brookhaven National Laboratory, USA.

Begge doktorander fikk velfortjent ros for sine arbeider under disputasene og deres nye verdighet ble behørig feiret av venner og slektinger ved middager etterpå.

O. S.

Nytt medlem Norsk Fysisk Selskap.

Lektor Truls Røe, Vadsø Gymnas. 9800 Vadsø.

Påmelding til Fysikermøtet i Tromsø 26. — 28. juni 1972.

Navn:

Adresse:

Anmelder foredrag: Ja/Nei

Emne:

Antatt varighet minutter.

Overhead-prosjektør og 5 × 5 cm slide-fremviser disponeres.

Resymé (på engelsk) må være oss i hende senest 15. mai.

Innkvartering ønskes for voksne og barn for nettene

25.—26.6 26.—27.6 27.—28.6 28.—29.6

Jeg anmelder personer til fisketuren 26.6 (pris ca. kr. 10,—)

Jeg anmelder personer til festmiddagen 27.6 (pris kr. 25,—)

Jeg ønsker å delta i gruppereise 25.6 fra

	Avreise	Ankomst	Pris retur dag	Pris retur natt
Bergen	kl. 1940	kl. 0040	kr. 675,—	kr. 623,—
Oslo	kl. 0945	kl. 1135	kr. 707,—	kr. 654,—
Oslo	kl. 2100	kl. 2340	kr. 654,—	kr. 600,—
Trondheim	kl. 2225	kl. 0040	kr. 514,—	kr. 480,—

med voksne og barn. Barn får vanlig 50 % moderasjon.

Hvis det melder seg for få deltagere til dagturen, melder jeg meg på turen med kveldsflyet.

Jeg ønsker retur juni/juli med rute eller ca. kl.

Påmeldingen sendes senest 1. mai 1972 til

Fysikermøtet 1972, Nordlysobservatoriet, Postboks 387, 9001 Tromsø.

Forurensning og atmosfærens temperatur

Ingolf Kanestrøm

Menneskene synes å ha levet i den tru at vår natur er stabil og nesten uforanderlig. Vi skal i denne artikkelen ta for oss en komponent, atmosfærens temperatur, og se hvordan den bestemmes av naturen selv. Dessuten skal vi ta for oss virkningen av menneskehets aktivitet. Målinger viser at virkningen av forurensningen er betydelig, og at vårt klima er svært labilt.

Solen er som kjent vår viktigste energikilde. Den utvikler en samlet effekt på $3,91 \times 10^{26} \text{ W}$. Energiettheten av solstrålingen ved jordoverflaten vil være en funksjon av flatens avstand og retning fra solen og av atmosfærens sammensetning. Dersom man ser bort fra effekten av atmosfæren, kan man lett beregne den årlege variasjon i strålingsfluksen. Jordens avstand fra solen er i middel $1,496 \times 10^{11} \text{ m}$. I denne avstanden blir solstrålingens energiflukstetthet utenfor jordatmosfæren 1390 W/m^2 . Denne størrelsen kalles solarkonstanten, og vi skal betegne den med S . Solarkonstanten er bestemt eksperimentelt ved målinger både i og utenfor jordatmosfæren.

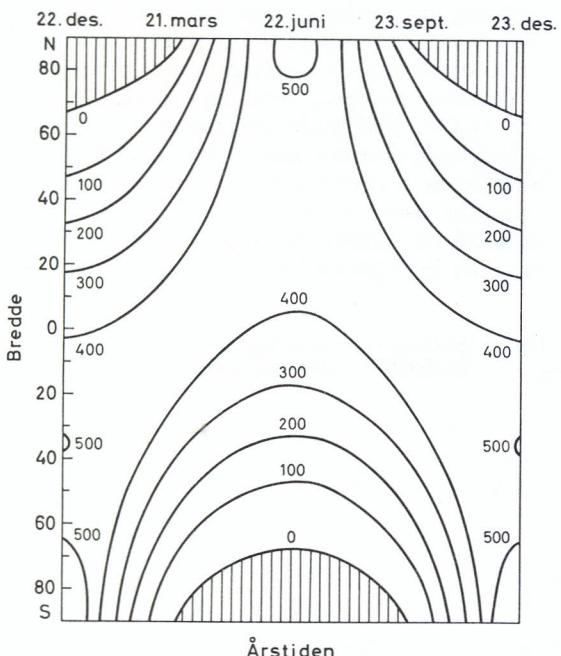


Fig. 1 Stråling fra solen i Wm^{-2} ved jordens overflate dersom virkningen av atmosfæren negligeres.

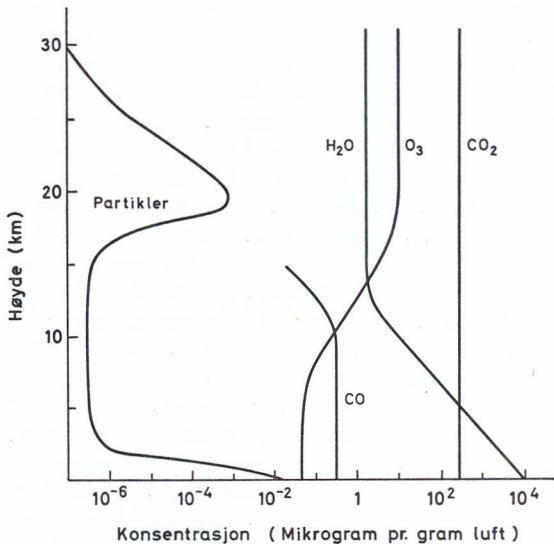


Fig. 2 Konsentrasjon av noen av atmosfærens komponenter som funksjon av høyden.

Som kjent er jordens bane rundt solen ellipstisk. Avstanden fra solens sentrum varierer mellom $1,471 \times 10^{11} \text{ m}$ 3. januar (jorden i perihel) og $1,521 \times 10^{11} \text{ m}$ 3. juli (aphel). Strålingens energiflukstetthet utenfor jordatmosfæren varierer derfor med ca. 3,3 % gjennom året, den er $1,033 \text{ S}$ ved perihel og $0,967 \text{ S}$ ved aphel. Dagens lengde er av større betydning enn variasjonen i avstanden fra solen. Det kan man se ved å beregne den tilstrålte effekt pr. flateenhett av jordoverflaten midlet over et døgn. Den innsendte energi vil være en funksjon av breddegrad og årstid. Resultatet av slike beregninger er vist i figur 1, der årstiden er absisse og breddegraden ordinat. Av figuren kan man se at tropoerområdene mottar mest stråling midlet over året, men de høyeste verdier finner man omkring sommerpolen. Maksimal solhøyde er lavere ved polen enn ved ekvator, men dette kompenseres ved at solen er over horisonten hele døgnet.

Atmosfærens virkning på sollyset

Atmosfæren består vesentlig av nitrogen (78 % N_2) og oksygen (21 % O_2). Ved jordoverflaten har vi dessuten ca. 0,9 % argon.

Atmosfærens innhold av andre gassmolekyler er skissert i fig. 2. Som vi ser er konsentrasjonen av disse gassene små, og den vil variere med høyden.

Ved å neglisjere virkningen av atmosfæren får man et mye forenklet bilde av flukstettheten av solstrålingen. På sin vei gjennom atmosfæren blir solstrålingen svekket både ved absorpsjon og spredning. Jo lavere på himmelen solen står, desto lengre vei må strålingen tilbakelegge gjennom atmosfæren, og desto mere blir den svekket. Både når det gjelder spredning og absorpsjon er virkningen avhengig av bølgelengden i strålingen. Absorpsjonen skyldes eksitasjon av molekylene i atmosfæren, og i følge kvantemekanikken får man absorpsjon for bestemte energikvant (eller bølgelengder), bestemt av atmosfærens sammensetning.

Spredningen av lyset i det synlige området er selektiv. Luftmolekylene og de minste aerosol partiklene (radius r mindre enn $0,05 \mu$, $1 \mu = 10^{-6} \text{ m}$) sprer lyset i overensstemmelse med Rayleighs spredningsformel. Intensiteten av det spredte lys varierer med bølgelengden λ som λ^{-4} og med spredningsvinkelen Θ som $(1 + \cos^2 \Theta)$. Av dette fremgår at kortbølget lys spres langt mere effektivt enn langbølget. For partikler med radius mellom $0,05$ og 1μ , får vi spredning som avviker fra Rayleighs formel. Spredningen er fremdeles selektiv slik at blått og fiolett lys spres mere enn rødt lys, men selektiviteten er svakere enn for de minste partiklene. Dessuten sprer de større partiklene lyset mest fremover, intensiteten av lyset som spres til sidene og bakover er betydelig mindre.

Partikler og dråper med radius større enn 1μ vil ikke lenger spre lyset selektivt, spredningen er omrent like sterk for alle farger, og det spredte lyset blir grått. Også for disse partiklene spres lyset mest fremover.

Som vi har sett mottar jorden energi utenfra

ved å absorbere solstråling. Nå akkumulerer ikke jorden energi, følgelig må jorden kvite seg med den absorberte energi ved at den selv emitterer stråling til verdensrommet. Vi antar at jorden emitterer stråling tilnærmet som et svart legeme, dvs. at intensiteten I er en funksjon av temperaturen T og bølgelengden λ , gitt ved Plancks lov:

$$I_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)}$$

der h er Plancks konstant, c lyshastigheten og k Boltzmanns konstant. Integrerer man intensiteten over bølgelengden får man et uttrykk for flukstettheten (Stefan—Boltzmanns lov)

$$f = \pi \int_0^\infty I_\lambda(T) d\lambda = \sigma T^4$$

der σ er Stefans konstant. Noe av denne strålingen absorberes eller spres i atmosfæren. Den absorberte stråling vil så reemitteres med retning både oppover og nedover i atmosfæren. Som vist i figur 3 ligger solstrålingen og strålingen fra jorden (terrestrisk stråling) i to adskilte spektralområder. Da absorpsjonen og spredningen er selektiv, vil atmosfærens innvirkning på jordstrålingen være forskjellig fra virkningen på strålingen fra solen.

Absorpsjonen skyldes vesentlig molekulert oksygen, ozon og vanndamp (O_2 , O_3 , H_2O). Ved jordoverflaten er stråling med bølgelengde kortere enn $0,3 \mu$ absorbert. Absorpsjonen i denne delen av spektret skyldes vesentlig ozon. Den nevnte absorpsjon i det ultrafiolette område er av stor biologisk betydning, da livet på jorden ikke ville tåle å bli ut-

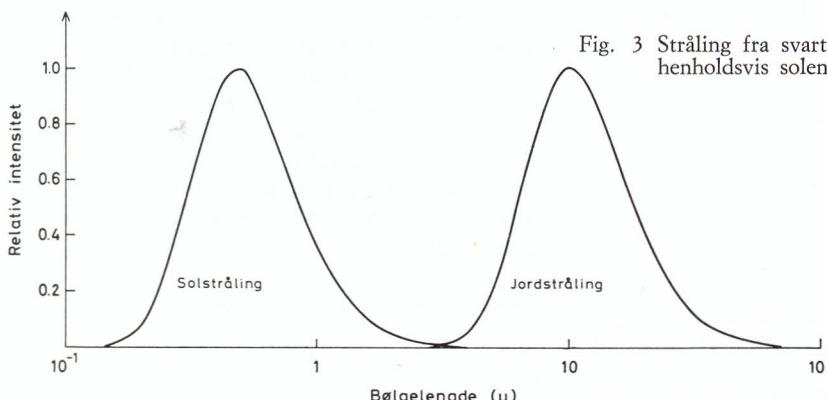


Fig. 3 Stråling fra svarte legemer med temperatur lik henholdsvis solens og Jordens temperatur.

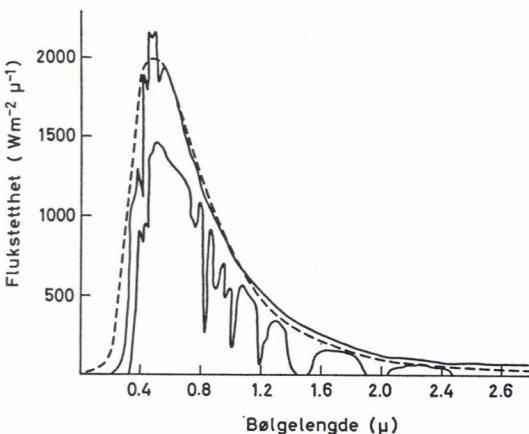


Fig. 4 Sol spektret utenfor atmosfæren og ved havets nivå. Den stiplete kurve viser spektret fra et svart legeme med temperatur lik 5900 K.

satt for den ultrafiolette del av solstrålingen. Spektret av svartlegeme-stråling ved 5900 K sammen med solstrålingen utenfor atmosfæren og ved havets nivå er vist i figur 4. Av figuren ser vi at solen stråler tilnærmet som et svart legeme.

For terrestrisk stråling som har intensitet av betydning i spektralområde 5–30 μ er det O₃, H₂O og CO₂ (kulldioksyd) som har de sterkeste absorpsjonsbåndene. Oson absorberer i to bånd som er sentrert omkring 9,6 og 15 μ, og absorpsjonen finner i alt vesentlig sted i stratosfæren (se figur 6). CO₂ absorberer sterkt i to bånd ved 4,3 og 15 μ. Absorpsjonsbåndet ved 4,3 μ er allikevel av mindre betydning på grunn av den svake intensiteten i dette området. Bare midt på dagen i tropiske klimasoner er luften så varm at den terrestriske stråling har vesentlig intensitet i dette området. Vanndamp er den mest betydningsfulle gass når det gjelder absorpsjon i det langbølgende området. Vanndamp har sterke absorpsjonsbånd ved 6,3 og 24 μ.

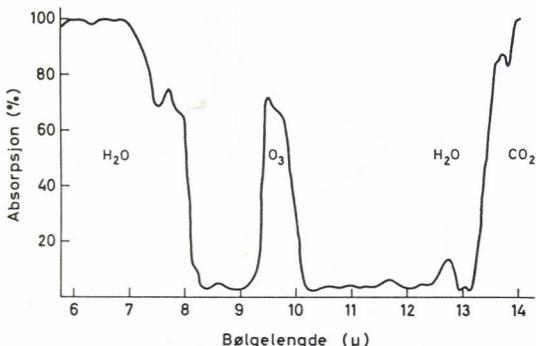


Fig. 5 Skjematiske fremstilling av absorpsjonen av langbølget stråling i atmosfæren.

Vanndampinnholdet i atmosfæren avtar med høyden (figur 2) og absorpsjonen skjer derfor vesentlig i troposfæren. Absorpsjonen av langbølget stråling er skissert i figur 5. Av denne figuren ser vi at i området mellom 10 og 13 μ er atmosfæren ganske transparent. Som vist i figur 3 har utstrålingen fra jordoverflaten maksimal intensitet omkring 10 μ. En vesentlig del av utstrålingen fra jorden (ca. 25 %) vil således slippe uhindret gjennom det såkalte «vinduet» i atmosfæren.

Absorpsjonsprosessene sammen med diffusjonen i den nedre del av atmosfæren vil være avgjørende for temperaturprofilet i atmosfæren. Variasjonen i temperaturen med høyden er vist i figur 6. Den høye temperaturen ved stratopausen skyldes absorpsjonen av kortbølget stråling på grunn av oson.

Ved beregninger av strålingsfluksen er det gunstig å anta at atmosfæren er bygd opp av homogene horisontale lag og at jordoverflaten er horisontal. Da blir strålingen symmetrisk om vertikallinen, og den samlede energiflukstetthet rettet vertikalt opp eller ned. Den samlede flukstetthet av den terrestriske stråling som går oppover i alle mulige retninger, blir da en vektor rettet vertikalt opp med størrelsen f_{λ}^{\uparrow} . Den samlede flukstetthet rettet nedover betegnes f_{λ}^{\downarrow} . Flukstetheten integrert over alle bølgelengder betegnes f^{\uparrow} og f^{\downarrow} . Hvis man kjenner f som funksjon av høyden z , kan man lett finne hvor meget de forskjellige luftlag avkjøles eller oppvarmes

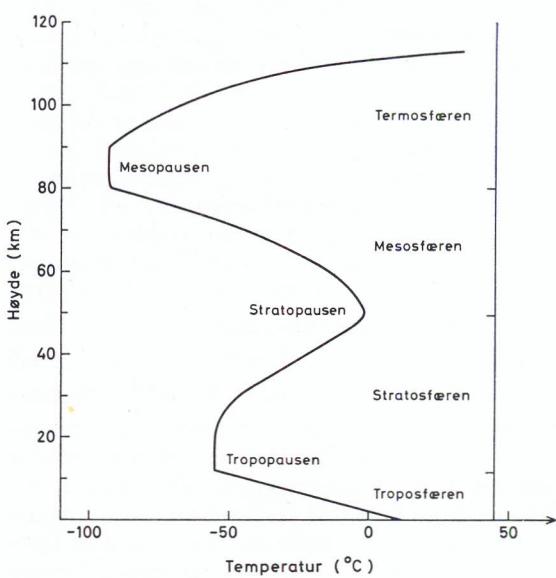


Fig. 6 Atmosfærens temperatur som funksjon av høyden.

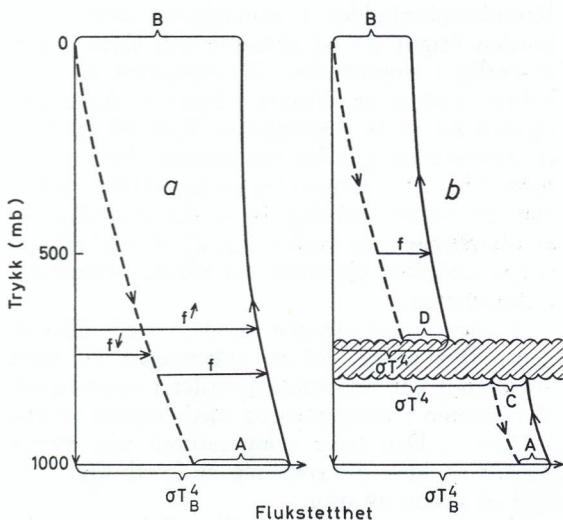


Fig. 7 Skjematiske fremstillinger av skylagets (det skraverte området) virkning på varmetapet på bakken. A: Bakkens varmetap. B: Jordstråling til verdensrommet. C: Skyunderlagets varmegevinst. D: Skyoverflatens varmetap.

ved emisjon og absorpsjon av strålingen. Betrakter vi en vertikal luftsyylinder med horisontal grunnflate A og høyde $z_2 - z_1$, vil sylinderen motta effekten

$$\frac{dQ}{dt} = (f(z_1) - f(z_2))A$$

som blir den tilførte varme pr. tidsenhet. Det er ganske komplisert å foreta nøyaktige beregninger, da absorpsjonskoeffisienten varierer meget sterkt med bølgelengden. Vi skal derfor bare skissere hvordan flukstettheten av den terrestiske stråling varierer med høyden. Figur 7a viser flukstettheten i en skyfri atmosfære, mens figur 7b skisserer innvirkningen av en skylag. Langs ordinaten har vi avsatt trykket, og absissen angir flukstettheten. Bakketemperaturen betegnes med T_B , temperaturen ved skylagets nedre flate T_N og temperaturen ved øvre flate T_σ . Begrenser vi oss til terrestrisk stråling vil f^\uparrow ved jordoverflaten være lik σT_B^4 (Stefan-Boltzmanns lov) og avta oppover med temperaturen slik at tilskuddet fra emisjonen er mindre enn tapet ved absorpsjonen. Den nedgående flukstetthet f^\downarrow starter fra null ved atmosfærens yttergrense og øker nedover. Som vi ser av figuren, vil f^\downarrow øke fortare nedover enn f^\uparrow avtar oppover, og dermed vil nettofluksen øke oppover. Det betyr at troposfæren avkjøles som et

resultat av den terrestiske stråling. I stratosfæren er avkjølingen svært liten.

Er det skyet vær, kan man i slike enkle betraktninger erstatte jordoverflaten med det øvre skylag. Men T_σ er mindre enn T_B . Følgelig vil skylaget emittere mindre stråling enn jordoverflaten, men samtidig vil det absorbere mindre solstråling. Normalt vil luften over skylaget avkjøles. Bakken og skylagets nedre flate vil danne to «svarte» flater som stråler mot hverandre. Vanligvis vil jordflaten være varmest, og den vil tape varme til skylaget. Skylaget blir da oppvarmet nedenfra og avkjølet ovenfra. Som det vil fremgå av figur 7 vil varmetapet fra bakken være minst ved skyet vær. Varmetapet ved bakken blir mer enn kompensert av absorbert solstråling for store deler av jordoverflaten. Detaljerte beregninger viser at ved midlere breddegrader er avkjølingen på grunn av terrestrisk stråling ca. 2° pr. døgn i troposfæren, mens den er liten i den nedre del av stratosfæren. Figur 8 viser resultatet av beregninger ved ekvator i januar. Den prikkede og stredede linjen viser temperaturforandringen på grunn av absorpsjon av henholdsvis ultrafiolett og synlig sollys og infrarødt sollys. De fullt opptrukne linjer viser effekten av absorpsjon og reemisjon av terrestrisk stråling. Her ser vi at vanndampen først sørger for oppvarming, men senere for avkjøling ved tropopausen.

Atmosfærens drivhuseffekt

Som tidligere nevnt mottar jorden energi ved å absorbere solstråling. Da jorden ikke akkumulerer energi, må den avgive energi ved at den

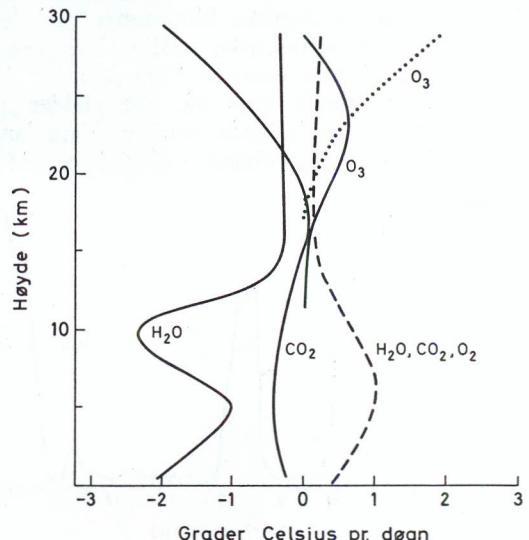


Fig. 8 Oppvarming og avkjøling av atmosfæren på grunn av stråling.

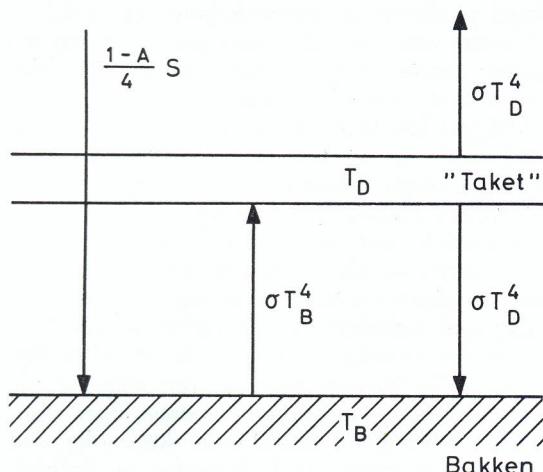


Fig. 9 Skjematisk fremstilling av atmosfærens drivhus- effekt.

emitterer like mye energi som den absorberer. Antar man at jorden stråler som et svart legeme er likevektstilstanden gitt ved

$$\sigma T_B^4 = \frac{1-A}{4} S = 230 \text{ W m}^{-2}$$

der A er den brøkdelen av solstrålingen som på grunn av spredning og refleksjon kastes tilbake til verdensrommet (den planetariske albedo). Denne likevektsbetingelse gir $T_B = -23^\circ\text{C}$. Dersom atmosfæren var helt gjennomsiktig for terrestrisk stråling, måtte all terrestrisk stråling som avgis til verdensrommet emitteres fra jordoverflatene, og den måtte da innstille seg på middeltemperaturen -23°C . Nå er dette ikke tilfelle. Atmosfæren har en drivhuseffekt idet den slipper igjennom det meste av solstrålingen, mens den absorberer en vesentlig del av den terrestrisk stråling. En del av den absorberte energi stråles tilbake til jordoverflatene. Prinsippet kan illustreres ved at atmosfæren tenkes erstattet med et «drivhustak» med temperatur T_D . Taket tenkes helt gjennomsiktig for solstråling, mens det er helt svart (absorberer all energi) for terrestrisk stråling. Den vertikale flukstetthet blir da som skissert på figur 9. For å få energibalanse må følgende ligninger være oppfylt

$$\frac{1-A}{4} 2 + \sigma T_D^4 = \sigma T_B^4$$

$$\sigma T_B^4 = 2\sigma T_D^4$$

Løsningen av disse ligninger gir

$$T_B = \sqrt[4]{2} T_D = 24,5^\circ\text{C}$$

Av dette følger at drivhuseffekten av atmosfæren har hevet jordoverflatens temperatur fra -23°C til $24,5^\circ\text{C}$. Tenker man seg en lagdelt atmosfære med n slike drivhustak over hverandre vil dette føre til en bakketemperatur gitt ved

$$T_B = \sqrt[4]{n+1} 250^\circ\text{K}$$

Forurensning av atmosfæren

Hvert år blir det produsert store mengder med forurensende stoffer. Som et eksempel kan det nevnes at for Amerika er denne stoffmengden anslått til 164 mill. tonn, hvorav ca. halvdelen skyldes forurensning fra biler (CO, HO, NO). I tillegg til den «industrielle» forurensning produserer naturen selv visse gasser som går inn i en syklus. F.eks. vil karbondioksyd opptas av plantene og frigis når plantene brytes ned. Svoxel finnes i havet og tilføres atmosfæren ved sjøsprøyte. Det inngår også i prosesser hos plantene. Oson produseres i den øvre atmosfære og føres nedover mot jordoverflatene og brytes ned igjen. I tabell 1 er noen av de stoffene som produseres av menneskeheden og som inngår i nevnte sykliske prosesser sammenlignet med mengden produsert av naturen selv.

Tabell 1

	Naturen	Menneskeheden
Oson	$2 \cdot 10^9$ tonn	lite tonn
Vann	$5 \cdot 10^{14}$ »	$1 \cdot 10^{10}$ »
Nitrogen . .	$1,4 \cdot 10^9$ »	$1,5 \cdot 10^7$ »
Svoxel . . .	$1,4 \cdot 10^8$ »	$7,3 \cdot 10^7$ »
Karbon monoksyd	$9 \cdot 10^6$ »	$2 \cdot 10^8$ »
Karbon-dioksyd .	$7 \cdot 10^{10}$ »	$1,5 \cdot 10^{10}$ »

Ved lavere breddegrader blir oson produsert i stratosfæren av kjemiske prosesser mellom atomært og molekylært oksygen. Det blir så transportert av atmosfærens bevegelser mot polene og nedover i atmosfæren. Fra den nedre stratosfære blir osonet ført ned i troposfæren. Osonsyklusen er blitt verifisert ved dynamiske modeller av Monabe og Hunt. Den naturlige syklus (produksjon, transport og nedbryting) omfatter 2 milliarder tonn oson årlig. Så langt

man kan se er virkningen av osonet produsert av menneskeheden ubetydelig sammenlignet med effekten av osonet i den naturlige syklus, i alle fall globalt sett.

Vanndampsyklusen i troposfæren er bestemt av differensen mellom fordampning og nedfelling i en gitt luftsøyle. I de subtropiske områder vil fordampningen dominere over utfellingen så disse områdene kan betraktes som kilde for vanndampen. Det motsatte er tilfelle ved lave og midlere breddegrader. Vanndampen transporterer derfor fra subtropiske områder mot polene og mot ekvator. Den midlere globale nedbørsmengde er 1000 millimeter, og den midlere levetid for vanndampen i troposfæren er derfor ca. 10 døgn.

Menneskeheden produserer 10 milliarder tonn vanndamp pr. år, men dette er likevel mindre enn 0,1 % av atmosfærens naturlige vanndampinnhold. En venter derfor at virkningen på temperaturen skulle være liten. Men en kan ikke utelukke effekter på grunn av interferens mellom fordampnings- og utfellings-syklusen. Forandringen av vanndampkonsentrasjonen i stratosfæren synes å kunne være av vesentlig betydning. Som vist i figur 2 er vanndampinnholdet lite for høyder over 15 km. Dette skyldes den lave temperaturen ved tropopausen. I det luften passerer tropopausen vil den avkjøles, og det meste av fuktigheten går over i ispartikler og forblir i tropopausen som skyer. Fra de vertikale strømningene og vanndampinnholdet i luften ved tropopausen har man beregnet at ca. 7 mill. gram vanndamp tilføres stratosfæren pr. sekund. Til sammenligning vil 800 overlyds transportfly i en høyde på 20 km produsere ca. 3,5 mill. gram vanndamp pr. sek. i stratosfæren, dvs. halvparten av den vanndampmengde som tilføres stratosfæren av naturen selv. Denne økningen i vanndampinnholdet kan tenkes å øke skylaget og dermed forandre den planetariske albedo. Nøyaktige beregninger med kompliserte dynamiske modeller kreves for å klargjøre betydningen av en slik innsprøyting av vanndamp i stratosfæren.

Nitrogen utgjør det meste av atmosfæren, og den er av stor betydning for en rekke prosesser. Nitrogen produsert av menneskeheden utgjør bare ca. 1 % av det som inngår i den naturlige syklus, så globalt vil det naturlige bidrag dominere. Men lokalt kan nitrogen-forurensningen være generende, da røyken i byene i stor utstrekning skyldes reaksjoner mellom sollyset og nitrogenoksyd fra bilene.

Ser man på massen av forurensnings-gassene utgjør karbonoksydet den største delen. Karbon-

oksyd produsert av menneskeheden er en faktor 30 større enn den delen som går inn i den naturlige prosess. En konsentrasjon på 50 deler pr. million (ppm) er ikke uvanlig i bygater. I Chicago har man drevet målinger i perioden 1962–64, og her har man registrert to markerte maksima i konsentrasjonen av CO som gjenspeiler rushtrafikken morgen og kveld.

Klimatisk sett er karbondioksyd av langt større interesse. Den CO₂ mengden som produseres av menneskeheden er av samme størrelsesorden som innholdet i den naturlige syklus. Derfor er det rimelig å anta at vår aktivitet forandrer CO₂ konsentrasjonen som tidligere ble kontrollert av naturen selv. Beregninger viser at CO₂ innholdet i atmosfæren skulle øke med 1,8 ppm på grunn av forbrenning av brensel, men målinger viser en økning på bare 0,7 ppm. Man antar at noe av det resterende opptas av biosfæren, men at mesteparten blir absorbert av havet som inneholder 60 ganger så mye CO₂ som atmosfæren. Opploseligheten avtar etter som vanntemperaturen stiger, og dette kan være kritisk for klimaet. Beregninger antyder at en økning av CO₂ innholdet i atmosfæren vil gi en høyere bakketemperatur på grunn av «drivhus-effekten». Temperaturen i havet vil da også stige, og havet vil frigi CO₂ til atmosfæren og dermed forsterke drivhuseffekten. Nå er dette ikke den eneste mulige konsekvens av en ubalanse i temperaturen. Dersom en temperaturøkning medfører en øket tilførsel av næringsmidler til havet, vil veksten av phytonplankton stimuleres. Planktonet vil produsere oksygen på bekostning av CO₂. Således vil konsentrasjonen av CO₂ i havet reduseres. Denne reduksjonen vil i neste omgang redusere CO₂ innholdet i atmosfæren og drivhuseffekten reduseres. Dette vil kunne fremkalte et temperaturfall. Det er

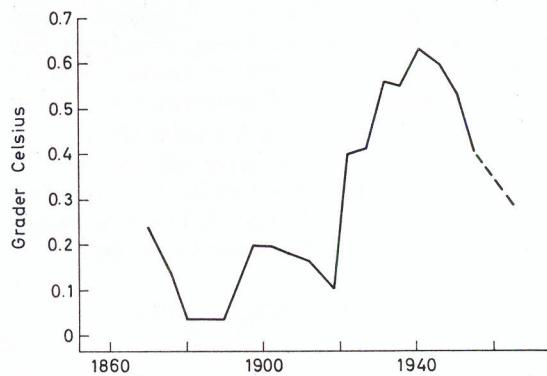


Fig. 10 Midlere global temperatur målt relativt til temperaturen i år 1880. Temperaturen er midlet over området mellom 0° og 80° N.

mulig at istidene skyldes slike svingninger i planktonveksten.

Som vist på figur 10 økte den midlere årlige temperatur med $0,6^{\circ}\text{C}$ i perioden 1880–1940. Beregninger av Manabe viser at bare en tredjedel av denne temperaturstigningen kan forklares ved den antatte økning i CO_2 innholdet. Vi skal imidlertid huske at disse beregningene inneholder en del usikre parametre, som luftens fuktighet, albedo og skylag. Netto effekt av CO_2 innholdet er en avkjøling av den øvre atmosfære, og det vil naturligvis kunne modifisere atmosfærens albedo og skylaget.

Målinger viser at CO_2 innholdet i atmosfæren øker ($1,5 \cdot 10^{10}$ tonn produsert av menneskeheden pr. år). Trass i dette er den midlere temperatur redusert med ca. $0,3^{\circ}\text{C}$ siden 1940. Det er rimelig å anta at temperaturfallet skyldes redusert innstråling fra solen. En slik reduksjon kan skyldes spredning av sollyset. Men skal dette være en rimelig forklaring på temperaturfallet, må partikkelmengden i atmosfæren ha øket betydelig i de siste tiårene. Goldberg har anslått at 2 mill. tonn rökpartikler blir sluppet ut i troposfæren hvert år. I tillegg til dette produseres det 73 mill. tonn svovel. En stor del av svovelet som slippes ut i atmosfæren ender opp som ammonium-sulfat partikler. Beregninger viser at den mengde partikler som menneskeheden sender ut i atmosfæren allikevel ikke er nok til å forklare det observerte temperaturfall. Avkjølingen på grunn av spredningen skulle være mindre enn oppvarmingen på grunn av det økende CO_2 innhold. For å få et fullstendig bilde av situasjonen må vi derfor ta med den vulkanske aktivitet. Med utbruddet av Hekla i 1947 startet en serie av vulkanske utbrudd på den nordlige halvkule. Store mengder vulkansk støv blir slyngt direkte opp i stratosfæren, og massen av vulkansk støv tilført stratosfæren av disse utbruddene er anslått til ca. 10 milliarder tonn. Med disse partikkelmengdene kan man i det minste kvalitativt reproducere det observerte temperaturprofil i figur 10.

Nå synes kanskje en svingning på $0,6^{\circ}\text{C}$ i den midlere temperatur å være helt bagatellmessig. Dette er imidlertid ikke tilfelle. Man mener at et fall i den globale temperatur på 6°C ga oss den siste istiden. Den observerte variasjon i temperaturen i tidsrommet 1880–1940 utgjør således 10 % av denne kritiske temperaturdifferensen.

Hva vil så skje i fremtiden? Vi har nevnt at oppvarmingen på grunn av økningen i CO_2 innholdet i atmosfæren har vært større enn avkjølingen på grunn av partikkelmengden tilført

atmosfæren av menneskeheten. Men det er ikke rimelig å anta at denne «positive» ubalanse skal vedvare. Fordoblingstiden for akkumulering av fossilt CO_2 i atmosfæren er anslått til ca. 23 år, mens den tilsvarende tid for partikkellophopningen er anslått til 15–20 år. Dette medfører at oppvarmingen vil tape i konkurransen med avkjølingen etter en del år. Antar vi 15 år for fordoblingstiden for partikkellophopningen, vil omskiftet finne sted rundt år 2040. Da vil temperaturen ligge ca. 1°C over dagens temperatur. Men her er det flere usikre faktorer. Dersom den vulkanske aktivitet fortsetter med samme omfang som i de siste 10 årene, vil jo temperaturen synke hele tiden. Dessuten har vi sett bort fra mulige vekselvirkninger mellom koncentrasjonen av plankton i havet og CO_2 innholdet i atmosfæren, eller forandringer i skylaget på grunn av økt vanndampinnhold i stratosfæren. I de siste årene har forurensningsproblemene fått stor publisitet på grunn av uheldige virkninger på biosfæren. Men vi bør ikke glemme at klimatiske forstyrrelser også kan få alvorlige konsekvenser.

LITTERATUR:

- R. M. Goody: Atmospheric Radiation, Oxford 1964
- S. F. Singer: Global Effects of Environmental Pollution, Dordrecht, Holland, 1968.
- R. E. Newell: The Global Circulation of Atmospheric Pollutants, Scientific American, January 1971.
- A. Eliassen og K. Pedersen: Innføring i meteorologi. Oslo 1970.

Bøker

Steve Edwards: Physics, A Discovery Approach.
John Wiley & Sons LTD. New York
(1971), 280 sider, pris £ 4.25.

Denne boken er sprunget ut av ett-semesters elementærkurs i fysikk ved Florida State University. Kurset var beregnet på studenter som ikke skulle studere videre i noe realfag og som hadde liten interesse for fysikk, og hovedvekten er derfor lagt på å vekke interesse for faget i en motvillig tilhørermengde. Både det matematiske og fysiske innholdet svarer omtrent til nivået i begynnelsen av realgymnaset. Kapitteltitlene er 1. Introduction, 2. Light, 3. Mechanics, 4. Electricity and Magnetism, 5. Modern Physics.

Bortsett fra at det nok burde vært gjort plass for noe varmeteori synes anmelderen at forfatteren har løst sin oppgave på en utmerket måte. Han legger stor vekt på å forklare utvikling og metodikk i fysikken. Han koncentrerer seg om å få fram prinsippene og de viktigste lovene, og unngår detaljbeskrivelse av teknisk apparatur. Det fyldige kapitlet om moderne fysikk demonstrerer at mange av hovedideene i kvantefysikken kan gjøres tilgjengelige uten en massiv skolering i matematikk og klassisk fysikk. Lærere i ungdomsskole og gymnas (og elever) skulle kunne lese denne boken med utbytte.

Kjell Mork

Bøker

Knut Michelsen: Fysikk 1 for gymnasiet. Mekanikk. Varmelære. Optikk og bølgelære. Fabritius & Sønner Forlag, Oslo 1970.

Forsøksutgaven av Michelsens lærebok i fysikk for gymnasiet ble anmeldt av universitetslektor A. Solheim i Fra Fysikkens Verden nr. 4, 1970 p. 73. Forsøksutgaven har vært brukt til forsøksundervisning i en rekke klasser. I det nye verket er det foretatt en del endringer, bl. a. er kapitlene om energi og impulsloven skrevet om.

Resultatet er blitt at man stort sett har fått en meget vellykket lærebok. Min eneste vesentlige innvending er at jeg frykter den vil falle i vanskeligste laget for gymnasister. Men dette kan man selvsagt ikke uttale seg med sikkerhet om, uten å ha benyttet den selv som lærebok. Når det gjelder detaljer, kunne man nok nevne en del ting. Jeg skal innskrenke meg til tre. Avsnittet om tid er ikke helt vellykket. Det er uheldig at spesifikk varmekapasitet og molvarme begge betegnes med liten c. I forbindelse med lysbrytning er det vesentlig at det kommer klart frem at den innfallende og den brutte ståle ligger på hver sin side av innfallsloddet.

De stygge misbruk av Snellius brytningslov som man ofte er vitne til, tyder på at gymnasiallærebøkene svikter på dette punkt. Figurene i boka er gode, og det er rikelig plass til notater.

K. J. Knutsen.

Tidaman, D. A. and N. A. Krall: Shock Waves in Collisionless Plasmas. Wiley & Sons 1971.

I en vanlig (ikke ionisert) kollisjonsdominert gass eller væske vil den tilstandsforandring som en sjokkbølge forårsaker finne sted over noen få midlere fri veilengder, nemlig i sjokkfronten.

I plasma (ionisert gass) finner man tilsvarende sjokk, men hvis plasmaet er tilstrekkelig tynt, vil det også kunne opptre hva en kaller kollisjonsfrie sjokk. Karakteristisk for disse er at kollisjonstiden i plasmaet er vesentlig lengre enn typiske tider for variasjon av feltstørrelsene, og tykkelsen av sjokkfronten er vesentlig mindre enn fri veilengde for klassiske kollisjoner. Et viktig problem blir det da å finne ut hvilke mekanismer som forårsaker mediets tilstandsforandring. Dette er motivering for den foreliggende bok.

Forfatteren forsøker å gi en samlet fremstilling av det en p.t. vet om kollisjonsfrie sjokk. Fremstillingen er rent teoretisk, og en savner eksperimentell støtte for de mange matematiske modeller som benyttes.

Teorien baseres på Vlassov—Maxwells ligninger. Ved å innfore middelverdien og fluktasjoner om disse, utledes bevegelsesligninger hvori inngår uttrykk som formelt sett erstatter klassiske kollisjoner. Disse dissipasjonsledd representerer vekselvirkninger mellom ladede partikler og elektromagnetiske felter.

Ved å sløyfe disse ledd kan bevegelsesligningen i ulike tilfelle løses og en får frem såkalte ensomme bølger

eller «solitons». Dette er ikke-lineære pulser som forplanter seg uten at mediet forandres. Ved å inkludere dissipasjon, får en frem «bølge»-losninger som forandrer mediet ved passeringen, og som da kalles sjokk. Studiet av solitons og sjokk går parallelt og behandles for ulike typer av bølgemodes så som magnetosoniske bølger, whistlere, elektrostatiske bølger, og dette blir gjort både for plasmaer med og uten ytre magnetfelt.

Etter å ha diskutert ulike former for stasjonære sjokk, studeres stabiliteten av disse. Her kommer forfatterne inn på svak og sterk turbulens generert av instabiliteter i sjokkfronten (transition layer). Disse fenomenet vet en lite om, og leserne bør ha god bokgrunn i plasmateori for å få noe ut av dette kapittel om turbulente sjokkstrukturer.

Det er få henvisninger til relevante eksperimenter, men Jordens buesjokk nevnes. Det antas at en p.g.a. turbulens i sjokkfronten, stokastisk kan få akselerert enkelte ioner og elektroner til meget høye energier. Dette vil ha interesse for bl.a. nordlysundersøkere som søker en akselerasjonsmekanisme for nordlys dannende partikler.

Som konklusjon kan boken anbefales til leserne med god bakgrunn i studiet av bølge og stabilitetsteori i plasmaer. Forfatteren er velskolerte plasmafysikere som selv har ydet vesentlige bidrag til forståelsen av dette interessante men vanskelige emnet.

A. Kildal

Anders Bjørnhaug: Fysikk 8 og 9, Dreyer 1965 og 1966.

Etter innføring av forsøk med 9-årig skole har det vært nødvendig å utarbeide nye læreverk i fysikk for ungdomsskoletrinnet. Realskols bøker passet ikke lenger til de nye læreplaner. — Utprovning av en ny skoleordning skulle gi gode muligheter for en fornyelse av faglig innhold og undervisningspraksis. Dessverre må vi fastslå at noen reform til det bedre innenfor faget fysikk har lett vente på seg. Alle nye læreverk som hittil har sett dagens lys har vist seg å fortsette tradisjonene fra realskolen, faglig og metodisk: De holder fast ved den meningsløse oppdeling i Mekanikk, Varmelære, Optikk osv. Læreboka forteller praktisk talt alt uten å overlate noe til elevenes fantasi og skapende evne. Elevøvelsene er ikke integrert i lærestoffet, noe som medfører en uheldig kløft mellom teori og eksperiment. Som unnskyldning for lærebokforfattere kan nevnes at de har hatt en meget dårlig læreplan å gå ut fra. — Det er ingen grunn til å henge ut Anders Bjørnhaugs bøker i denne sammenheng. De er vel ikke verre enn andre. Bøkene er delvis bearbeidelse av de svenske: Enhetskolans fysikk og Grundskolans fysikk av E. Hjalmar, B. Pederby og B. Elmgren. Dette er dessverre ingen garanti for kvalitet idet man i den svenska grunnskole til nå heller ikke har klart å gå nye veger i fysikkundervisningen. En lærebok i fysikk blir ikke moderne fordi om man fyller den med gode illustrasjoner og fargeplansjer, og putter inn en omtale av fjernsyn, romfart og atombomber. Det vi fortsatt savner i grunnskolens fysikkbøker er en solid innføring i fysikkens grunnbegreper som f.eks. masse og energi. Videre venter vi fremdeles på læreverk som i sitt opplegg setter eksperimentet kombinert med en maksimal elevaktivitet i sentrum. Først da kan vi regne med at elevene kan få noen forståelse av naturvitenskapens tenkemåte og arbeidsmetode.

Jacob Bøe

*S. L. Andersen, W. Løchstøer, A. Storruste :
Eksperimentalfysikk. Laboratorieøvelser.
Universitetsforlaget. 1971. Pris kr. 32,50.*

Boken beskriver i alt 36 eksperimenter av forskjellig slag fra «den fotografiske platen som hjelpemiddel i kjernefysikk og elementærpartikkelfysikk», gjennom vindtunnel og vakuums, over Newtons ringer til Millikans oljedråpeforsøk. Av forordet framgår at det er tatt sikte på å gi en innføring og ferdighet i utførelse av målinger og bruk av måleutstyr. Om denne målsettingen for et postgymnasialt laboratoriekurs i fysikk er den best tenkelige kan det vel være delte meninger. Anmelderens inntrykk er i hvert fall at denne målsettingen er oppfylt både godt og vel. Utvalget av eksperimenter er tydelig gjort i den hensikt å få illustrert flest mulig eksperimentelle metoder. Forsøkene bærer preg av et grundig forarbeide, enkelte inneholder nesten for mange eksperimentelle detaljer.

Hele seks av forsøkene er direkte knyttet til usikkerhetsregning, og dette viktige feltet har etter anmelderens mening fått en god framstilling. Derimot vil ikke anmelderen umiddelbart dele forfatterens store entusiasme når det gjelder den velkjente analogien mellom mekaniske svingsystemer og elektriske RLC-kretser. Riktig nok vil begge systemer tilnærmet kunne beskrives av en differensialligning som er av samme form for de to tilfellene, men da de mest interessante resonanskurvene, nemlig amplituden for utsvinget hhv. strømmen som funksjon av frekvensen ikke har samme forløp, har vel denne analogien også sin begrensning. Anmelderen har aldri helt blitt slått av likheten mellom en translasjon av et legeme og elektrisk ladning. (Dessuten, hvor er den mekaniske analogien til tapsmotstanden i spolen, som i en reell krets ikke er ubetydelig? Det måtte da være et tillegg i friksjonen r som på et eller annet vis måtte tilskrives massen av legemet som svinger.)

Førstelig inneholder boken gode og oversiktlige figurer, samt seks observerte trykkfeil hvorav ingen skulle være direkte brysommel.

Ved siden av de studenter som forutsettes å skulle arbeide seg gjennom boken forsøk for forsøk, burde boken absolutt være av interesse for alle som på et eller annet vis er tilknyttet eksperimentalundervisning i fysikk.

Kaare Stegavik

Maurice Holt (ed.): Proceedings of the Second International Conference on Numerical Methods in Fluid Dynamics, 462 pp. Lecture Notes in Physics, Springer Verlag, Berlin 1970.

Sett fra et rent matematisk synspunkt er hydrodynamikk en håpløst vanskelig del av mekanikk. Likningssettet som bestemmer bevegelsen består i det generelle tilfellet av fem simultane, sterkt ikke-lineære partielle differensiallikninger. De betydelige resultatene man likevel har oppnådd i feltet ad teoretisk veg, har derfor kun vært mulig ved fysikalisk innsikt drastisk å forenkle likningene i de konkrete problemene.

Etter de moderne regnemaskinernas innmarsj i det vitenskapelige miljø mente enkelte blåøyde forskere at nå kunne man med suksess gi seg i kast med å løse de generelle likningene i hydrodynamikk. Det har (heldig-

vis) vist seg å være uoverkomelig. Derimot er det klart at regnemaskinene har vært til stor hjelp ved løsningen av mange konkrete enkelt-problemer.

Ovennevnte bok inneholder samtlige foredrag som ble holdt ved et symposium om numeriske metoder i hydrodynamikk. Det er derfor rimelig at artiklene er av svært vekslende kvalitet. De fleste arbeidene er sannsynligvis høyst av perifer interesse for fysikere flest, da de er knyttet til løsning av bestemte hydrodynamiske problemer som grensesjikt, sjokkbølger, turbulens, etc. Derimot er flere av foredragene fra 1. og 2. sesjon av temmelig generell karakter og skulle derfor interesser fysikere som arbeider med numeriske metoder.

Enok Palm

Søren Sikjær (ed.): Seminar on the Teaching of Physics in Schools, Gyldendal (dansk) 1971.

Det er karakteristisk for de bestrebelsene som har vært gjort i forskjellige land for å fornye og forbedre skolefysikken at initiativet er kommet fra fysikernes egne rekker. Dersom dette initiativ kan resultere i et samarbeid med pedagoger, psykologer og praktiserende lærere skulle vi være sikret gode resultater. Det er nettopp dette som har skjedd i løpet av de siste 10–20 år. Et ledd i denne virksomheten er det internasjonale seminar som ble holdt i København sommeren 1969 ved Danmarks Lærerhøgskole, Fysisk institutt, arrangert av International research group on physics teaching (GIREP). — For utenforstående er det nå anledning til å studere de «papers» og foredrag som ble lagt til grunn for seminaret i boka Seminar on the Teaching of Physics in Schools.

Seminaret koncentrerte seg om noen utvalgte emner: energi, den spesielle relativitetsteori og kvantemekanikk. Hvordan kan disse sentrale emner i fysikken best presenteres for våre elever på de forskjellige klassetrinn? Blant foredragsholderne merker vi oss flere navn som garanterer for en førsteklasses behandling av problerene:

Uri Haber-Schaim, foregangsmann for et større reformprosjekt i USA.

Eric M. Rogers, kjent blant norske leseres allerede fra artikkel i OECD's bok om skolefysikk fra 1965.

Karl Hecht, leder av det nyopprettede Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften i Kiel.

Harry Messel, den drivende kraft bak naturfagreformene i Australia.

Mark W. Zemansky, navnet vekker assosiasjoner i retning av termodynamikk hos mange som har tatt sin fysikk på Blindern.

Paul Thomsen, som har gitt ut første bind i en serie om Metoder og Veje i den elementære fysikundervisning.

Uten tanke på noen som helst rangering nevnes videre: August Ziggelar, Clifford E. Swartz, Walter Kranzer, P. A. C. van Vianen, Mogens Phil, K. A. Thernoe, Carl V. Heinrichsen, og til slutt Søren Sikjær som har to artikler og dessuten har stått for en vellykket redigering av rapporten.

For alle som arbeider med reform av fysikk i skolen kan rapporten bli en rik kilde til inspirasjon og praktisk hjelp.

Jacob Bøe

Tebble, R. S. and Craik, D. J.:

Magnetic Materials.

Boka er delt i to deler der de første 10 kapitler beskriver magnetiske stoffs indre fysiske oppbygning og egenskaper, mens de siste 5 kapitler beskriver egenskaper som både er avhengig av stoffets struktur og tilberedning, renhet, varmebehandling, mekanisk behandling osv.

Det første kapitlet starter med en kort innføring i de viktigste fysiske begreper og uttrykk innen magnetismelæren slik som para-, ferro-, antiferro- og ferrimagnetisme. Så blir de enkelte innskuddsgrunnstoffene i jerngruppen behandlet og etterpå legeringer mellom dem. Et kort kapittel er viet oksyder, sulfider og halogenider av de samme stoffer. De kompliserte magnetiske ordningsmønstre for de sjeldne jordartsmetallene er framstilt ganske oversiktlig med mange illustrasjoner hentet fra original-litteraturen som viser susceptibilitetsendringer, magnetostriksjonen osv. over store temperaturområder. To illustrasjoner s. 203 og s. 205 ser likevel ut til å være forbryttet.

De store familiene av ferritter som har viktige tekniske anvendelser er utførlig behandlet, slik som spineller, garnets, ortoferritter og heksagonale ferritter. Disse kapittlene leder naturlig over til den siste delen av boka. Her blir egenskapene til permanentmagneter, transformatorblikk, mikrobølge- og hukommelseselementer gjennomgått. Boka er på over 700 sider, hvert kapittel har en lang referanseliste, og til slutt fins et godt register. Illustrasjonene er overalt klare og oversiktlige. Boka koster kr. 240,—. Den vil egne seg godt som oppslagsbok for forskere og ingenører som arbeider med magnetiske stoffer. Bozorths bok «Ferromagnetism» fra femtiåra har fått en verdig avløser.

Olav Steinvoll

Lecture Notes in Physics.

Redaktører: J. Ehlers, K. Hopp, H. A. Weidenmüller, W. Beiglböck.

Vol. 5: Schaff, M., Universität München: The Reduction of the Product of two Irreducible Unitary Representations of the Proper Orthochronous Quantummechanical Poincaré Group. 120 sider, 1970, pris DM 14,—. Springer Verlag.

Bokens innhold er meget nøyaktig angitt i tittelen, og det er faktisk et ganske betydelig forskningsarbeide som her presenteres. Problemet som studeres og løses i boken er å redusere produktet av to irreducibele unitære representasjoner av Poincaré gruppen d.v.s. den innhomogene Lorentz gruppen, i et direkte integral av irreducibele representasjoner. Løsningen er elegant og generell og vil være av uvurderlig verdi i teoretisk høyenergifyskikk. Men vi skylder også å gjøre oppmerksom på at boken kun har interesse for teoretiske fysikere med S-matrise teori for elementære partikler som spesialitet. Boken er et matematisk forskningsarbeide, og man skal være meget godt skolet i matematikk for å kunne ha utbytte av å lese den, og man skal også ha meget godt kjennskap til elementære partikkels spredning for å verdsette implikasjonene i teoretisk høyenergifyskikk av dette arbeide.

Raphael Hoegh Krohn

GYMNASIASTER OG STUDENTER!

Dere kan få

Fra Fysikkens Verden

til redusert pris: kr. 10,— pr. år.

Abonnement kan tegnes enten ved postverket

eller ved direkte henvendelse, se adressen ovenfor.

Fra Fysikkens Verden

Redaktør:

Professor dr. Haakon Olsen, N.L.H.T.

Redaksjonskomite:

Rektor Finn Berntsen, Strinda Heg.

Almenskole, Trondheim.

Universitetslektor Wilhelm Løchstøer,

Universitetet, Blindern.

Forsker cand. real. Olav Steinsvoll, Institu-

tut for Atomenergi, Kjeller.

Dosent Leif Owren, Ph. d., Universitetet

i Bergen.

Dr. techn. Helge Øverås, CERN Genève.

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dr. philos. Tormod Riste

Styre: Dosent Arnfinn Graue
Cand. real. Gunnar J. Kvifte
Dosent Thormod Henriksen
Dosent Ivar Svare

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

Postgirokonto: 88388 Bankgirokonto: 5102.20.16001

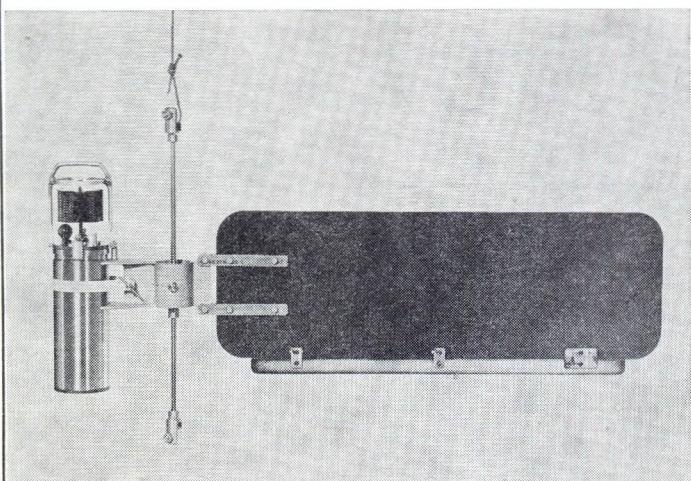
Teknisk medarbeider og
Annonser: Lab.ing. H. Torgersen, N. T. H.

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan
tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Års-
abonnement kr. 15,-. Årsabonnement for studenter og skole-
elever kr. 10,-.

Sekretær: Gudrun Græsmann
Ekspedisjonens adresse: Fra Fysikkens Verden,
Fysisk Institutt, N. L. H. T.,
7000 — Trondheim.

Postgirokonto: 10472

Bankgirokonto: 8601 36.12279



RECORDING CURRENT METERS
for ocean currents down to 2000
meters depth.

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

**CLIMATOLOGICAL RECORDING
STATIONS**
Land-based or mounted on buoys.

TAPE READERS for reading
magnetic tape from the above
instruments.

Recording Current Meter Model 4, recording current
speed and direction on magnetic tape.

IVAR AANDERAA
MANUFACTURER OF DATA COLLECTING INSTRUMENTS

HARDANGERVEIEN 2
5050 NESTTUN
NORWAY
TELEPHONE: BERGEN 27 23 14
CABLE: HELICON