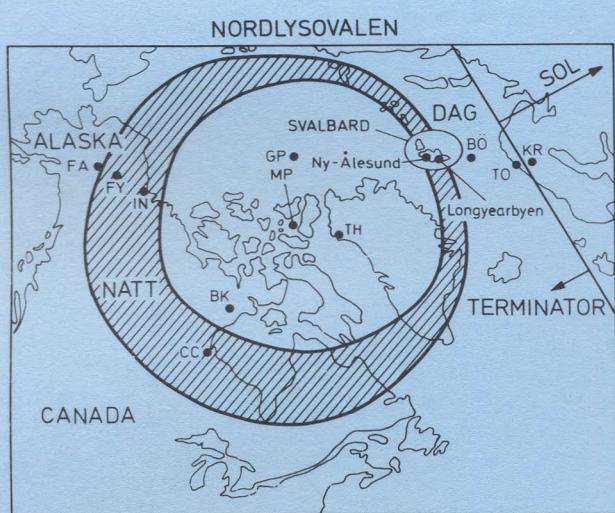


Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP



*Nordlysovalen.
Se artikkelen på side 25 ff.*

INNHOLD:

Svalbard - et åpent vindu mot det store verdensrom	25
Forskerpris. Dr. H. Enge	29
UVA - aktuelt begrep i vår daglig tale	29
An European Center for Physics Education	32
Fysikkolympiaden 1984	32
Fra varmestof til energibevarelse	33
Magnetisk fremdrift for skip	37
Nye materiale: Metall utan metallatom	38
Laboratoriet for skolefysik i Århus	40
Svar på oppgaver i nr. 1	42
Multikritiske fenomener	43
Internasjonalt møde i Venedig om de naturvidenskabelige fags placering i forskjellige landes skolestruktur	47
Nye medlemmer	47
Bøker	48



Institutt for
energiteknikk

KURSSENTERET

KURS I DATABEHANDLING 1984

10.09 - 28.09	COBOL I	søknadsfrist 30.07
01.10 - 12.10	COBOL II	søknadsfrist 30.07
15.10 - 02.11	FORTRAN	søknadsfrist 03.09
12.11 - 23.11	PASCAL	søknadsfrist 01.10

Det vises også til Forbruker- og administrasjonsdepartementets kurskatalog for 1984.

KURSAVGIFTEN er kr. 2.000,- pr. uke for deltagere fra offentlige institusjoner
kr. 3.000,- pr. uke for deltagere fra private bedrifter

Nærmere opplysninger
Kurssekretær Gerd Jarrett
Kurssenteret
Institutt for energiteknikk
Boks 40, 2007 Kjeller

Telefon (02) 71 25 60

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 2 - 1984

Redaktører: KNUT JOSTEIN KNUTSEN og HANS KOLBENSTVEDT
Redakjonssekretær: HALVARD TORGersen

46. årgang
ISSN-0015-9247

SVALBARD - ET ÅPENT VINDU MOT DET STORE VERDENSRØM

Kjell Henriksen¹, Knut Stamnes¹,

Alv Egeland², Jan Holte²,

Per-Even Sandholt² og Hans K. Myrabø³

Helt siden sekelskiftet har Svalbard vært benyttet som ekspedisjonsbase for studier av geomagnetisme og nordlys, og under det geofysiske året 1957-59 ble det klart at nordlys forekom hyppig om dagen over Svalbard. En systematisk undersøkelse av dagnordlyset startet først høsten 1978 da multi-nasjonale nordlysekspedisjoner til Svalbard kom i gang med aktiv deltagelse fra universitetene i Alaska, Belfast, Oslo og Tromsø.

I tillegg til forskningsstasjonen i Ny-Ålesund ble et primitivt observatorium etablert i Adventdalen, ca. 5 km fra Longyearbyen. Observatoriet besto av en Moelven-brakke pluss to små spesialbygde, transportable instrumenthus. Arbeidsforholdene var imidlertid så vanskelige at et nytt, permanent

bygg var helt påkrevet. Takket være en positiv støtte fra våre kolleger - spesielt i USA - har det vært mulig å skaffe kr. 600.000,- til et nybygg som ble tatt i bruk i november 1983, se Fig. 1. Vi håper dette observatoriet vil bli til stor nytte for all grunnforskning på Svalbard.

I denne artikkelen vil vi omtale dagnordlyset, som er et karakteristisk fenomen i den polare atmosfære, og kort gjøre rede for nordlysprosjektets oppbygging og hovedmålsetning.

Prosjektet har resultert i et stort antall publikasjoner i internasjonale tidsskifter. En mer detaljert beskrivelse av de ulike problemstillingene og oppnådde resultater vil bli gitt i de etterfølgende spesialartikler. Vi vil også summere opp planene for nordlysprosjektet på Svalbard for de neste 5 til 10 årene.

Den polare kløften - dagnordlyset

På grunn av sol vindens vekselvirkning med jordas magnetfelt avviker dette vesentlig fra et symmetrisk dipolfelt. Vekselvirkningen gir opphav til et spesielt kikkhull - den polare kløft - på dagsiden av jorda, mellom 10 og 15 grader fra de geomagnetiske polene, se Fig. 2. I disse kløftene på den nordlige og sydlige halvkule skapes dagnordlyset. Fordi dagnordlyset er et diffus og lyssvakt fenomen som



Fig. 1A Forsiden av den nye Nordlysstasjonen som ble tatt i bruk i november 83, fotografert i månelys januar 84.

¹⁾ Nordlysobservatoriet, Universitetet i Tromsø.

²⁾ Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo

³⁾ Forsvarets Forskningsinstitutt, Kjeller



Fig. 1B Baksiden av Norlysstasjonen som vender mot øst, er uten vinduer og skjermet for lys fra Longyearbyen og trafikken gjennom Adventdalen. På observasjonsplattformen står spektrometer, norlyskamera og svepende fotometre i spesialbygde bokser.

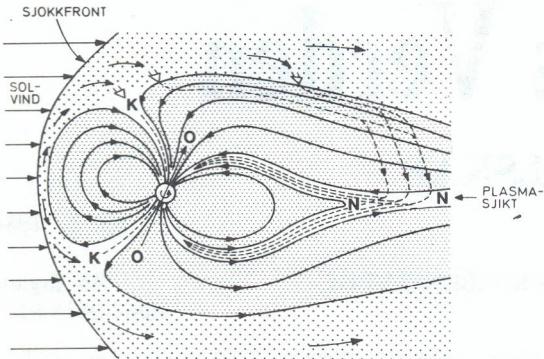


Fig. 2 Snitt (O-O) gjennom jordens omdreiningsakse, magnetosfære og med solen i samme plan. De elektrisk ladede partiklene som skaper nordlys, trenger ned i atmosfæren langs de magnetiske feltlinjene i de polare kløftområdene K på dagsiden og gjennom de tilsvarende områdene N på nattsidens. Figuren indikerer også hvorfor det fins like mye sydlys som nordlys.

hovedsakelig opptrer over ubebodde områder, ble det først i begynnelsen av 1970-årene klargjort at dagnordlyset er et spesielt viktig og interessant forskningsfelt. Dagnordlyset er nemlig langt mer direkte knyttet til aktiviteten på sola og i det interplanetare rommet enn nattnordlyset som skapes av partikler akselerert i magnetosfærens plasmasjikt, se Fig. 2.

Nær jorda i 300-400 km høyde er nord-syd bredden av kløftene i middel et par hundre km, mens den longitudinelle utstrekningen varierer fra 30 til 100 grader. Den polare kløften utgjør dagsiden av nordlysovalen; dvs. den instantane fordelingen av nordlyset i relasjon til magnetisk tid- og romkoordinater, se Fig. 3.

Partikkelnedbøren i kløften består vesentlig av elektroner og protoner med en energifordeling som ikke er meget forskjellig fra det som er karakteristisk for solvinden. De lavenergetiske elektronene (10-500 eV) bremses opp i jordas atmosfære mellom 200 og 500 km høyde. I dette høydeintervalllet består atmosfæren vesentlig av atomære gasser, hovedsakelig oksygen, i diffusiv likevekt, se Fig. 4.

På nattsidens ligger nordlysovalen 8-10 grader syd for dagsidens posisjon og utgjør fotpunktet for magnetfeltlinjene som går gjennom magnetosfærens plasmasjikt, se Fig. 2. Her har nordlyspartiklene 100-1000 ganger mer energi enn på dagsiden, og nattnordlyset produseres derfor 100-300 km lavere nede i atmosfæren (typisk høyde 110 km) enn dagnordlyset. Dertil er nattnordlyset mye mer dynamisk, noe som gjenspeiler variasjon i selve kilden for nordlyset, nemlig partikkelfluksen og akselerasjonsprosessene i magnetosfæren.

Dagnordlyset har et spektrum som er dominert av atomære linjer, da emisjonsområdet vanligvis er over 200 km der atomært oksygen er den dominerende gassen. Man finner også emisjoner fra ele-

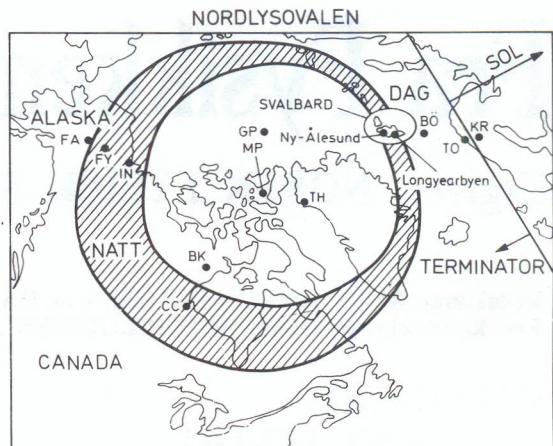


Fig. 3 Den skraverte sonen er nordlysovalen ved midlere geomagnetisk aktivitet midtvinters. Nordlysovalen er sentrert i føholt til den geomagnetiske polen MP og er bredest på nattsidens. Midtvinters er sola mer enn 10° under horisonten på Svalbard, og dagnordlyset kan da observeres relativt uforstyrret av sollyset.

I den amerikanske sektor ligger polarkløften også midtvinters sør for terminator, noe som gjør optiske observasjoner av dagnordlyset derfra problematisk.

menter som kommer inn i atmosfæren fra solvinden (f.eks. O, He og Ar).

Partikkelnedbøren fører til en oppvarming av atmosfæren idet nordlyspartiklene energi oversøres til atmosfæregassen ved kollisjoner. Den polare kløften virker derfor som en varmekilde slik at vindene i den øvre atmosfære bøyer av for dette området som for et ordinært høytrykk.

Dagnordlysets dynamikk er ofte korrelert med nordlysaktiviteten på nattsidens. Slike globale trekki i nordlyset kan være styrt av det interplanetare magnetfeltet, og våre målinger på Svalbard er essensielle for undersøkelse av slike sammenhenger.

På den nordlige halvkule ligger dagsiden av nordlysovalen over Svalbard og Frans Josefs land, se Fig. 3. Her er sola mer enn 10 grader under horisonten i to måneder rundt vintersolhverv. Landfaste stasjoner der dagnordlyset kan observeres på den nordlige halvkule, må derfor legges enten til Svalbard eller Frans Josefs land. På den sørlige halvkule ligger den polare kløften over det antarktiske kontinent. Klimaet og avstandene vanskeliggjør kontinuerlige observasjoner nær Sydpolen. Derfor har Svalbard en unik beliggenhet for studier av nordlys forbundet med de polare kløftene.

Observasjonsprogrammet

Observasjonsprogrammet i Adventdalen har hit til vært koncentrert om optiske målinger. Dagnordlyset, natthimmellyset og demringslys har vært kontinuerlig registrert fra slutten av november til midten av februar hver vinter siden 1978. De mest sentrale observasjonene foregår med foto-, spektro- og interferometre. I tillegg har vi spesialbygde ka-

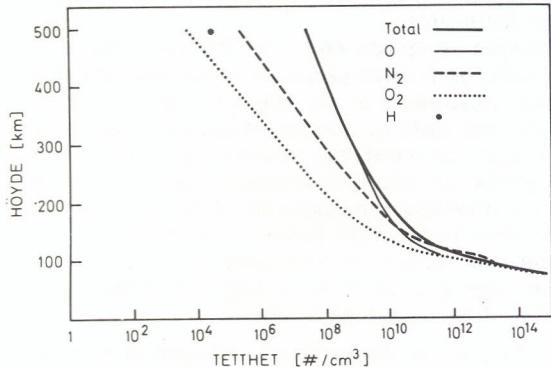


Fig. 4 Tetheten av N_2 , O_2 , O , H og den totale tetheten i den nedre delen av termosfæren etter en mye brukt modellatmosfære fra 1972. Tetheten av atomært øksygen har sin maksimale tethet ved 100 km og er den dominerende bestanddel over 200 km. Tetheten av hydrogenatomer er fortsatt dårlig bestemt i denne delen av atmosfæren og er bare angitt med en verdi i underkant av $10^5 \text{ #}/\text{cm}^3$ ved 500 km.

mera med 100 graders synsfelt for fotografering av nordlys. Disse tar automatisk ett eller flere bilder hvert minutt. Vi har også drevet en del forsøk med TV-nordlyskamera. Fordelen med slikt utstyr er den korte eksponeringstiden (0.02 sekund), men ennå er følsomheten liten sammenlignet med nordlysfotometrene.

For nøyaktig kartlegging av nordlysets høyde, geografisk beliggenhet og dynamikk er samtidige, koordinerte målinger fra to eller flere stasjoner helt nødvendige. Vi har derfor i stor grad gjennomført parallelle observasjonsprogrammer fra Ny-Ålesund og Adventdalen.

Ved nordlys og geomagnetisk aktivitet genereres radiobølger i ionosfæren og magnetosfæren. Registrering av slike radiobølger i området fra 10 til 20.000 Hz foregår kontinuerlig i Ny-Ålesund og Hornsund vha. spesielt følsomme ELF/VLF radiomottakere. På disse stedene tas rutinemessige målinger av jordas magnetfelt, og målingene er av største viktighet for nordlysprogrammet.

Vi samarbeider og utveksler data med andre land som arbeider med dagnordlyssproblemet, basert på observasjoner i Arktis eller Antarktis. Spesielt har vi hatt stor nytte av amerikanske satellitt-data som er direkte eller indirekte koblet til våre bakkestasjoner.

Det har vært en stor utvikling når det gjelder bruk av «on-line» regnemaskiner for sann tidsredigering og analysering av data på Svalbard. Hver sesong registreres en enormt stor datamengde. Alle data av interesse lagres på magnetbånd for senere analyse av de respektive gruppene.

Når det gjelder instrumenteringen, tar vi i bruk nyere teknikk straks noe bedre og mer avansert er tilgjengelig. Ideene og behovene som oppstår i forbindelse med forskningen på Svalbard, er også en spore til nyutvikling innen interferometri, spektro-

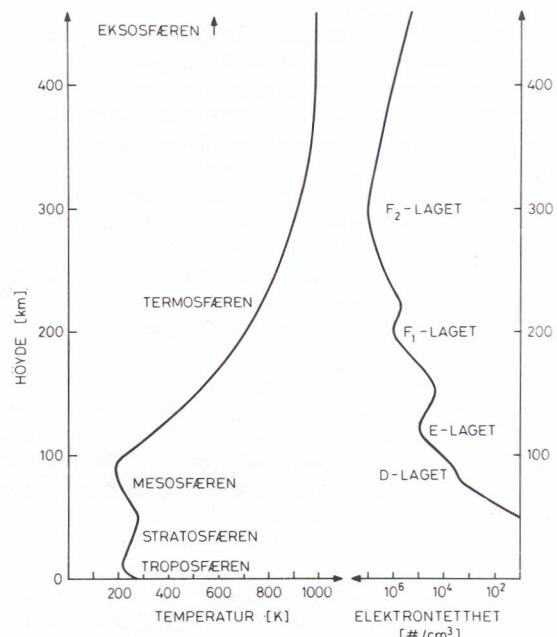


Fig. 5 Skjematiske temperatur- og elektron-tetthetsprofil for Jordens atmosfære. Betegnelsene for de forskjellige områdene i den nøytrale atmosfæren og ionosfæren defineres ved temperaturgradient og elektron-tetthet.

fotometri og regnemaskinanvendelser både i USA, England og Norge.

Hensikten med nordlysekspedisjonene er geofysisk grunnforskning

Formålet er å erverve ny kunnskap om jordas øvre atmosfære, magnetosfære og relasjonen til aktiviteten på sola samt forstyrrelser i det interplanetare magnetfelt.

Vi mäter parametre som angir partikkelnedbør, temperatur og vind i den øvre atmosfære og bruker disse data til å konstruere en type værkart for dette høydeområdet. Selv om et stort antall korrelasjoner mellom nordlysfenomener og værforhold er påvist, gjenstår det å finne den fysiske koblingen til de meteorologiske forholdene i «værlaget» under tropopausen som ligger omtrent 10 km over bakken.

I den øvre atmosfæren fins ioniserte lag som har stor betydning for radiokommunikasjoner. Studiet av nordlys og radionordlys gir anledning til undersøkelser av plasmanomener i global målestokk. Dertil utgjør den øvre atmosfæren et utmerket laboratorium for studie av atomære og molekulære reaksjoner og prosesser. Dette gjelder særlig for metastabile tilstander som er vanskelige å studere i vanlige laboratorier, fordi gassstetheten i konvensjonelle laboratorier er så stor og/eller de fysiske dimensjonene så små at den metastabile tilstanden blir deaktivert ved kollisjoner (enten med andre gasspartikler eller med veggene i laboratoriet) heller enn ved stråling.

Den øvre atmosfære

I den enkleste modellen betraktes atmosfæren som en sfærisk symmetrisk, homogen gass i hydrostatisk likevekt. Den midlere tettheten avtar eksponentielt slik at i 100 km høyde er tettheten omlag 10^{-7} av tettheten ved jordoverflaten. Store avvik finner imidlertid sted i temperaturprofilen, Fig. 5. Den positive temperaturgradienten gjennom stratosfæren skyldes vesentlig oppvarming på grunn av absorpsjon av ultrafiolett sollys i oson.

Tilsvarende varmekilde fins ikke i mesosfæren. Der foregår mer refleksjon av solenergi fra CO_2 og H_2O enn energiabsorpsjon, og det gjør at temperaturen avtar.

I termosfæren oppmagasineres mye solenergi ved fotoionisasjon av O_2 og N_2 . Fotodissosiasjon av disse molekylene kombinert med diffusjon medfører at atmosfærens relative innhold av atomer øker med høyden, Fig. 4. Temperaturen øker også gjennom den nedre delen av termosfæren inntil en likevektstemperatur framkommer rundt 500 km.

Den øvre atmosfæren avgrenses av eksosfæren, der kollisjoner mellom partiklene har en underordnet betydning for partikelbanene, og føringen for de ladede partiklene er Jordens magnetfelt. Dette intrer rundt 500 km høyde.

Den ioniserte delen av den øvre atmosfæren kalles ionosfære og profilen av elektronettettheten er gjengitt i Fig. 5. Ionene danner vesentlig av den ioniserende evnen til den ultrafiolette solstrålingen og balanseres ved ulike rekombinasjonsprosesser.

Nordlysnedbør i form av energirike elektroner og protoner har stor innflytelse på ionosfæren og skaper variasjoner i elektronettettheten på så mye som 10^5 gjennom hele ionosfæren. I det polare området der sola er borte både fra D, E og F laget flere uker midtvinters, overtar nordlysnedbøren fullstendig som produksjonsmekanisme for ionosfæren. Derfor er ionosfæren mye mer dynamisk og skiftende i polarområdene enn på lavere breddegrader.

Ved ionisasjon av mediet gir nordlysnedbøren også opphav til elektriske strømmer, oppvarming og vinder i de polare områdene. Når nordlyaktiviteten er stor, registreres påvirkningen i form av gravitasjonsbølger og geomagnetiske forstyrrelser like til ekvatorområdet. Sirkulasjonen i den øvre atmosfæren er da mye influert av nordlyset.

Forskningsprogrammet for de nærmeste årene

Et bilde av den nye Nordlysstasjonen er vist i Fig. 1. Bygningens grunnflate er på 112 m², og så godt isolert at den oppvarmes tilstrekkelig av registreringsinstrumentene. På taket har vi fem solide observasjonskupler slik at vi kan kontrollere og justere interferometret og kameraene uten å måtte gå ut i polarnatta. Vi har velegnede laboratorier og instrumentrom, kjøkken/oppholdsrom og et lite soverom. Foran fasaden mot øst har vi en 36 m² stor observasjonsplattform, der vi i spesialbygde bokser

har plassert svepende fotometre og spektrometre som fjernstyres.

Studiet av optiske emisjoner fra mesosfæren vil fortsette, og vi planlegger å utvide programmet til å måle forekomsten av O_3 , SO_2 , CO_2 og andre sporgasser ved hjelp av absorpsjonsspektroskopi. Slike målinger har tverrfaglig interesse og er en utvidet utnyttelse av nordlysinstrumenteringen. Selv om våre kunnskaper om dagnordlyset har økt meget de aller siste årene, er det fortsatt mange sentrale problem som trenger en ytterligere avklaring, og en liste følger over de mest nærliggende oppgaver for nordlysforskningen på Svalbard.

- 1) Høyden av dagnordlyset i relasjon til aktiviteten på sola og forstyrrelser i Jordas magnetfelt.
- 2) Dagnordlysets dynamikk i relasjon til de interplanetare betingelsene og den samtidige dynamikken i nattnordlyset.
- 3) Sammenhengen mellom dagnordlys, partikkelnedbør og elektriske strømmer langs Jordas magnetfelt.
- 4) Dynamikk og bølgebevegelser i mesosfæren ved hjelp av OH emisjoner. Av spesiell interesse er virkningen av energitilførselen gjennom den polare kløften.
- 5) Studie av atmosfæriske sporstoffer som Li, Na, Ca, K, NO_x , SO_2 , CO_2 og O_3 .

Sluttmerknader

Virksomheten vår på Svalbard har gitt nordlysforskningen nye impulser og økt forståelse av både de lokale og de mer globale aspekter ved naturføfomenet nordlys. I tillegg til verdien av å kunne samarbeide over institusjons- og landegrenser må betydningen av Svalbard som et unikt sted for et observatorium framheves. I noen påfølgende artikler vil vi belyse spesielle sider ved denne forskningsvirksomheten.

Dersom noen har interesse av mer eksakt informasjon om virksomheten vil vi oppgi følgende referanseartikler og rapporter:

Deehr, C.S., Sivjee, G.G., Egeland, A., Henriksen, K., Sandholt, P.E., Smith, R., Sweeney, P., Duncan, R., Gilmer, J.: Ground-based observations of F region aurora associated with the magnetospheric cusp. *J. Geophys. Res.* 85, 2185, 1980.

P. E. Sandholt: Auroral oval dynamics in relation to solar wind-magnetosphere interaction. Dr. scient. avhandling, *Geophys. Publ.* 32, 77, 1982.

H. K. Myrabo: Study of the night airglow hydroxyl emissions in the polar atmosphere. FFI/Reiserapp. 83/4009.

K. Henriksen, C.S. Deehr, G.J. Romick, G.G. Sivjee, N.I. Fedorova, and G.F. Tuttonova: Low-energy enhancements of the OI 6300 Å line and enhancements due to resonance excitation of the N_2^+ first negative N_2^+ bands. *Ann. Geophys.*, (under trykking), 1984.

FORSKERPRIS

Dr. Harald A. Enge of Massachusetts Institute of Technology has been awarded the 1984 Tom W. Bonner Prize in Nuclear Physics, sponsored by the friends of Tom W. Bonner. The prize will be bestowed at the Spring Meeting in Washington, DC, 23-26 April 1984. The citation reads, «For his outstanding contributions to the design of magnetic spectrometers and beam optics in the field of nuclear physics.»

Fra «Bulletin of the American Physical Society»
April 1984.

UVA - aktuelt begrep i vår dagligtale

Berit Kjeldstad *

Det snakkes i dag om ultrafiolett lys i mange forskjellige sammenhenger. UVA hører og leser vi om daglig, som f.eks. i denne avisannonsen fra et solstudio.

Annonse fra
dagspressen
jan. -84.

Superbrun på 2—3 timer
Tidligere umulig — nå mulig med
rene UVA-stråler
TILBUD
kr. 100,- pr. time.

I denne artikkelen vil jeg diskutere dette begrepet nærmere ved bl.a. å se på definisjoner, noen vanlige UVA-kilder, hvilke effekter strålingen har på biologisk materiale, samt reglement som finnes for bruk av UVA-kilder i solstudioer. For sammenhengens skyld vil også UVB og UVC bli nevnt.

Det ultrafiolette spekter

Ultrafiolett lys er en liten del av det elektromagnetiske spekteret i området mellom ioniserende stråling på den ene siden og synlig stråling på den andre. I figur 1 er inndelingen av det elektromagnetiske spekteret vist. Det ultrafiolette området deles videre inn i 3 delområder, kalt UVA, UVB og UVC (etter fotonenes energimengde). Denne inndelingen er funnet hensiktsmessig etter anbefaling fra den Internasjonale belysningskommisjon (CIE): I tabell 1 vises inndelingen av energiområdene med tilsvarende bølgelengdeområde til høyre.

	fotonenergi (eV)	bølgelengde (nm)
UVA:	3.1- 3.9	400 - 315
UVB:	3.9- 4.4	315 - 280
UVC:	4.4-12.4	280 - 100

Tabell 1. Ultrafiolette spekter.

*) Fysisk institutt UNIT/IAVH

Vanlige UV-kilder

Sola er den naturlige kilden for ultrafiolett lys, selv om bare 3% av solstrålingen ved jordoverflaten er i det ultrafiolette området (resten er i det synlige- og infrarøde området, h.h.v. 37% og 60%). Ved jordoverflaten inneholder solspekteret bølgelengder ned til 286nm, d.v.s. at UVC mangler. Det blir absorbert i atmosfærens ozonlag og når derfor ikke jordoverflaten. Intensiteten av UVB er mye lavere enn av UVA. I den sammenheng kan vi tenke på at vanlig vindusglass absorberer UVB, slik at det bare er UVA og synlig lys som går gjennom vinduer. (Vanlig glass begynner vanligvis å transmisere ved 330nm.)

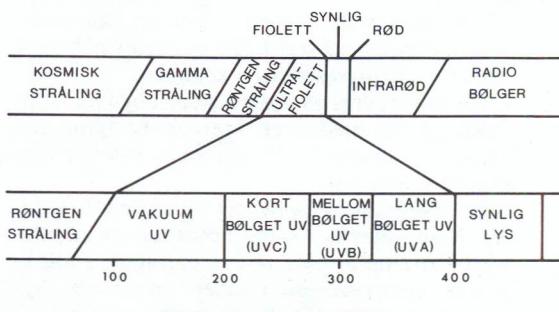
Av kunstige UV-kilder er gassutladningslamper og buelamper spesielt egnet for å produsere UV lys. Den mest brukte UVA-kilden utformet som lysrør, er lavtrykks kvikksølvlamper hvor innsiden av rørene er dekket med et fluoriserende belegg. Det er spesielt kvikksølvgassens emisjonslinje ved 254 nm som absorberes i belegget, som deretter emitterer stråling med lengre bølgelengder. Glassdekselet hindrer emisjon av kortbølget ultrafiolett lys fra kvikksølvdampen. Bare fluorescenslys, samt linjer over 320 nm fra kvikksølvdampen emitteres fra lampen. Spektralfordelingen fra disse lampene bestemmes av beleggets fluoriserende egenskaper og trykket i lampen.

Noen av disse fluorescenslampene er «hvite», d.v.s. at de i tillegg til UVA emitterer synlig lys. De mest brukte UVA-kildene er blå-svarte i fargen (black light lamper). De emitterer det meste av sin energi i UVA området, og er i tillegg dekket med et spesielt glass som filtrerer vakk synlig lys.

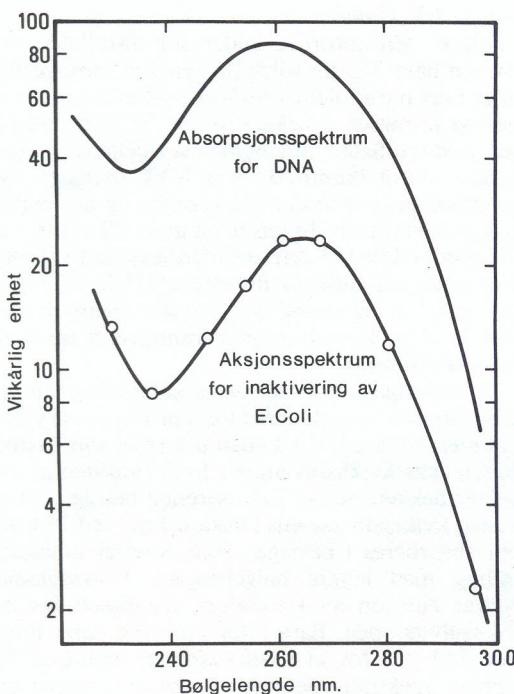
Biologiske effekter av UVA

Det har lenge vært kjent at UV gir skade på biologisk materiale. Allerede i 1893 påviste Ward at mikroorganismene ble drept av de korte bølgelengdene i solspekteret, inkludert UVA området. Det er spesielt skader p.g.a. UVB og UVC som tidligere er blitt studert systematisk.

Når man skal vurdere skader av lys, bør man ha fotobiologiens første hovedsetning i tankene: «For at lys skal gi noen effekt, må det absorberes». Un-



Figur 1: Elektromagnetiske spekter.



Figur 2: Inaktiveringsspekter for bakterien E.coli sammenlignet med absorpsjonsspekter for DNA.

dersøker man hvilke bølgelengder som f.eks. lettest dreper bakterier finner man at disse sammenfaller godt med absorpsjonsspekteret for DNA molekyler (se fig. 2). Dette har et maksimum ved 270nm, som ligger på grensen mellom UVC og UVB. Det er også mange proteiner som absorberer i samme området som DNA. Dette medfører at bølgelengdene ved 270nm dreper celler mest effektivt.

Effektene av UVA er blitt mindre studert enn effektene av UVB og UVC. Hollaender startet de første detaljerte studier av UVA-effekter i 1943. I disse studiene håpet han å finne den/de molekyler som absorberer UVA og som medvirker til at bakterier blir drept av UVA. Selv om en del arbeid er gjort kan man i dag, 40 år senere, ikke peke på et bestemt absorberende molekyl eller virkningsmekanisme.

En del effekter av UVA på dyr og mennesker er kjente, som bl.a.:

- UVA absorberes i lensen i øyet, og kan forårsake katarakt (grå stær). Det er derfor påbudt å bruke beskyttelsesbriller i solarium.
- UVA absorberes av kjemikaler vi bruker (som f.eks. en del medisiner, kremer, parfyme etc. og det kan oppstå fotokjemiske reaksjoner som skader hudcellene).
- Celler dør etter eksponering for store UVA-doser. Man antar UVA blir absorbert av riboflavin (et B-vitamin), og ved en påfølgende fotokjemisk kjedreaksjon i cellen produseres hydrogen peroksyd (H_2O_2), som er giftig.
- Det er påvist at UVB-eksponering er kreft-

fremkallende. I forsøksdyr har man sett at en vekslende eksponering av UVB (sollys) og UVA er farligere enn eksponering med bare UVB.

- Store doser UVA resulterer i en tørr, uelastisk, grov og rynkete hud.
- UVA mørkner allerede eksisterende pigment i huden, mens nydannelse av pigment skjer mest effektivt under eksponering med UVB. For å få brunfarge kreves det mye større doser av UVA enn UVB (ca. 1000 ganger større).
- Mindre doser av UV generelt, kan ha en positiv effekt bl.a. ved stimulert vitamin D syntese og legende effekt av en del hudsykdommer.

Skader p.g.a. UVA i sollyset er blitt betraktet som relativt ufarlige, fordi UVB skader har overskygget eventuelle UVA effekter. UVA har fått mer oppmerksomhet den siste tiden bl.a. fordi man har fått en stor import av solarier, hvor UVA intensiteten er høy. Det spørsmål man nå stiller seg, er hvordan de UVA-dosser man eksponeres for i solarier innvirker på hudcellene. Med dose menes her lysintensitet på huden multiplisert med belysnings-tiden. Lysintensiteten (irradians) angis i Wm^{-2} . Dosen angis i $Wm^{-2} \cdot s = Jm^{-2}$.

En konklusjon av oppstillingen ovenfor er at det ikke er riktig slik som enkelte solarium-konsulenter hevder, at UVA er såkalte «ufarlige stråler».

Forskrifter for solarier/høyfjellssoler

Det er nå kommet forskrifter, fra 1. juli 1983 for solarier/høyfjellssoler. Forskriftene setter grenseverdier for hvor mye UV solarierørene kan sende ut. Foruten strålehygieniske krav inneholder forskriftene også krav om konstruksjon og merking, om bruksanvisning, informasjon og reklame. Alle solarier kjøpt etter 1. juli 1983 skal være godkjent etter dette reglementet av Statens institutt for Strålehygiene.

Når det gjelder strålehygieniske krav må alle apparater oppfylle følgende krav til irradianser uansett bruksavstand:

UVA skal være mindre enn $200 Wm^{-2}$

UVB skal være mindre enn $0.05 Wm^{-2}$

UVC skal være mindre enn $0.002 Wm^{-2}$

For UVB og UVC-området forstår biologisk effektiv irradians, E_{eff} . Den er gitt ved uttrykket:

$$E_{eff} = \sum_{\lambda} E \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta \lambda$$

E er her den spekrale irradians gitt i $Wm^{-2} \cdot nm^{-1}$, $\Delta \lambda$ er bølgelengdeintervallet og S_{λ} er en relativ biologisk effektivitet gitt for hver enkelt bølgelengde. S_{λ} settes lik 1 for $\lambda = 270nm$ som er den farligste bølgelengden, d.v.s. gir størst biologisk effekt (jfr. fig. 2). Ellers fordeles S_{λ} slik som vist i tabell 2, hvor S_{λ} er angitt for noen bølgelengder.

λ (nm)	S_λ
200	0.03
220	0.12
240	0.30
260	0.652
270	1.00
280	0.882
300	0.300
315	0.003

Tabell 2. Relativ biologisk effektivitet.

I forskriftene er det ikke angitt hvordan en beregner E_{eff} for $\lambda < 200\text{nm}$.

Alle apparater skal være merket med godkjenningsmerke. Bruksanvisning skal bl.a. angi irradians av UVA på minste angitte bruksavstand, og biologisk effektiv irradians av UVB og UVC. Forskriftene krever også at tidsur er koblet på lampene, slik at man ikke kan utsettes for lange eksponeringstider i ett strekk.

Vi kan merke oss at grenseverdien for UVA er satt til 200 Wm^{-2} , som er omtrent 8 ganger sterke enn UVA delen av solspekteret ved våre breddegrader (ca. 25 Wm^{-2}).

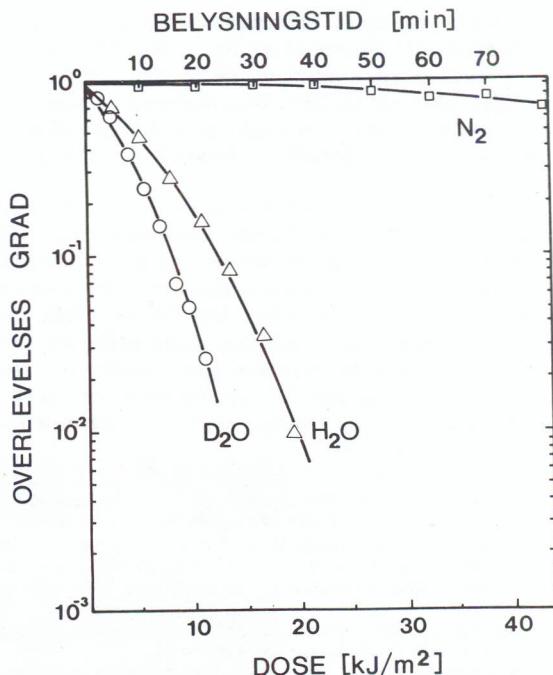
Forskriftene sier ikke noe om grenseverdier for total dose man kan eksponeres for f.eks. pr. år. Dette er et vanskelig spørsmål, hvor svaret vil variere meget fra person til person. På sikt vil det imidlertid være av meget stor betydning å komme fram til slike verdier for å kunne si noe om skade ved langvarig bruk.

UVA effekter på hudbakterier.

Til nå har man ikke funnet noen generell UVA absorberende molekyl eller UVA kromofor. For bakterien, *E.coli*, har man imidlertid funnet at UVA-følsomheten kan tilskrives absorpsjon i en base i t-RNA-molekylet, kalt 4-thiouride. UVA effekt p.g.a. absorpsjon i denne basen er ikke blitt påvist hos andre bakterier. Interessen for å ta opp UVA problematikk i detalj har økt meget de siste årene og mye forskningsarbeid legges nå ned for å kartlegge mekanismer ved UVA skader på bakterier.

Ved Fysisk institutt, UNIT, undersøker vi effekter av bl.a. UVA på hudbakterien *Propionibacterium acnes* (*P.acnes*) som har betydning ved utvikling av kviser. Dette er interessant ut i fra flere problemstillinger.

- *P.acnes* er en hudbakterie og eksponeres derfor for mye lys. Den sitter i porer i huden hvor UVA-lyset kan trenge ned. (350nm stråling kan penetrere ca. 0.1-0.2mm ned i huden).
- Erfaring viser at pasienter med kviser blir bedre om sommeren. Systematiske vitenskapelige studier savnes.
- *P.acnes* produserer porfyriner, en gruppe mo-



Figur 3: Overlevelseskurve for *P.acnes* belyst i 3 forskjellige løsninger.

Kurve H_2O : Salt løst i H_2O (vanlig saltløsning).
Kurve N_2 : Saltløsning der oksygenet er fjernet.
Kurve D_2O : Salt løst i D_2O (tungtvann).

lektyler som danner toksiske produkter ved belysning.

- Porfyriner absorberer i grenseområdet mellom UVA og synlig lys (rundt 400 nm). Det er kjent at porfyriner + UVA lys dreper celler.
- I kreftforskning benyttes porfyriner + lys til å drepe kreftceller. Det undersøkes nå om dette er en gunstig behandlingsmåte for visse krefttyper.

Vi har belyst *P.acnes* med 20W black light rør med irradians 9 Wm^{-2} . Overlevelsene ble målt ved å registrere evne til kolonidannelse etter 4 dager i 37°C . Vi ga cellene forskjellige doser ved å variere eksponeringstiden, hvorpå overlevelsen ble registrert ved hver dose. En slik overlevelseskurve er vist i fig. 3, kurve H_2O . Den viser at etter 20 min belysning, dose 11kJm^{-2} , er overlevelsgraden bare 10%. Denne dosen er omtrent 30 ganger mindre enn den man eksponeres for i solarier ved en 30 min. bestraaling.

Resultatet viser også at oksygen må være tilstede for å få UVA skade. Når prøven bobles med nitrogen økte overlevelsen betraktelig (fig. 3, kurve N_2). Sammenliknet med UVB og UVC er denne oksygenavhengigheten spesiell for UVA skader. Skader av UVB og UVC finner også sted uten at oksygen er til stede. Dette sannsynliggjør at reaksjonsmekanismene for UVA-skade er forskjellige fra UVB og UVC.

Skiftes vannet i bakteriesuspensjonen ut med tungtvann (D_2O), ser vi av fig. 3, (kurve D_2O), at overlevelsesvennen minker. Dette kan indikere at singlett oksygen tar del i destruksjonsmekanismen. Dette er en konklusjon man har nådd fram til etter en rekke D_2O forsøk i forskjellige biologiske systemer.

For å undersøke om bakteriene egen produksjon av porfyrin gjør *P.acnes* følsommere for blått lys, har vi tatt opp et aksjonsspekter i området 320-440nm. Følsomhetskurven vi fikk opp viste en økning i følsomhet ved 415 nm. En slik effekt ved 400-415nm er ikke påvist hos andre bakterier. Det er sannsynlig at porfyrinene gjør *P.acnes* mer følsom for UVA og blått lys enn bakterier uten porfyriner. Arbeid er nå i gang med å undersøke denne hypotesen nærmere.

Referanser:

Kjeldstad, B. 1984. Photoinactivation of *Propionibacterium acnes* by near-ultraviolet light. Z. Naturforschung. In press.

Parrish, J. A., Andersson, R. R., Urbach, F., Pitts, D. 1978. UVA. Biological effects of ultraviolet radiation with emphasis on human responses to longwave ultraviolet. Joh. Wiley & Sons, Chichester.

Saxeboel, G. 1981. Ikke ioniserende stråling, optisk stråling. Statens institut for Strålehygiene, rapport 12.

Sosialdepartementet. 1983. Forskrifter for solarier/høyfjellsoler I-2114-TRE.

A EUROPEAN CENTER FOR PHYSICS EDUCATION

På initiativ av EPS advisory Committee on Physics Education (ACPE) diskuteras nu ett samarbete om ett europeiskt samarbete inom fysikutbildning. Ett europeiskt centrum för fysikutbildning avser ej att ersätta nationella initiativ, utan vi utgår från att sådana finns eller nyskapas och att information från ett europeiskt center på ett naturligt sätt kan vidareföras till nationella förhållanden och egna språket. Följande mål har föreslagits för ECPE:s verksamhet:

- att arbeta för god fysikutbildning på alla nivåer
- att sprida kunskap om pågående utveckling av metodik och material för fysikutbildning.
- att engageras i forskning om utbildningsmetoder och om processer, genom vilka de studerande kan utveckla en bättre förståelse för fysikens teori och tillämpningar.

För att uppnå dessa mål föreslås att verksamheten vid ECPE organiseras kring

- kurser där lärare aktiva i fysikutbildning kan träffas och utbyta kunskaper och erfarenheter
- jämförande studier om fysikutbildning
- insamling, utvärdering och demonstration av ny undervisningsmateriel för fysik
- medverkan eller stimulans till nyproduktion av fysiklitteratur och experimentell utrustning.

Placering, storlek samt finansiering av ett «European Center for Physics Education» har dis-

kuterats, men här återstår många frågor att lösa. Ett villkor för framgång torde dock vara att ECPE ges en tillräckligt stor omfattning så att detta center oppmärksamas bland andra initiativ inom fysikutbildningen i Europa. Detta kräver en relativt stor personalstab av i huvudsak tre inriktningar:

- Ett litet antal permanent anställda
- Ett större antal som deltar helst under «sabbatical leave» från lärtjänst i hemlandet
- Kontraktanställd personal för specifika projekt.

Ett frågeformulär angående detta förslag till ett fysikutbildningscentrum har sänts ut till de olika nationella medlemmarna. Hittills har ett tiotal positiva svar anlänt. Förslag finns att inriktningen av verksamheten borde ske mot «science education». Det föreslås också att ECPE skulle kunna göras ambulerande och alltså inte ha egna fasta lokaler. Av bland annat ekonomiska skäl torde vi behöva utgå från något befintligt nationellt centrum (t ex i Köpenhamn eller Liege).

Den allra senaste tiden har ett förslag lagts fram att starta med ett utbildningsnät för samarbete mellan nuvarande utbildningscentra i stället för att bygga upp ett självständigt institut. Inom detta utbildningsnät skulle det anordnas lärarutbyte, workshops, konferenser etc. Detta nya förslag kommer att behandlas vidare vid EPS-mötet i Prag i augusti i år.

Lennart Samuelsson
ordf. ACPE
(i Fysikaktuelt)

FYSIKOLYMPIAIDEN 1984

Norske skoleelever vil i år for første gang delta i «den internasjonale fysikkolympiaden». Finalen blir holdt i Sigtuna i Sverige 24. juni til 1. juli, og der vil de fem norske prisvinnerne møte konkurrenter fra om lag 20 andre land.

Årets norske konkurransen ga følgende vinnere:

1. Lars Hoff, Ringve videregående skole, Trondheim	17,5 p
2. Paul O. Tvete, Langhaugen skole, Bergen	16 p
3. Geir Pettersen, Christian Augusts skole, Halden	15 p
4. Olav Benum, Orkdal videreg. skole	14 p
5. Håkon Gjessing, Langhaugen skole, Bergen	13 p

Det er Norsk Fysisk Selskap som står bak det norske arrangementet, og eventuelle spørsmål kan rettes til formannen for undervisningsutvalget, Svein Sjøberg - (02) 37 34 20, eller til lederen for finaleturen til Sverige, lektor Ingerid Hiis Helstrup - (05) 29 14 86.

FRA VARMESTOF TIL ENERGIBEARELSE

A. Ziggelaar *)

Historisk Drama

Om varmens mekaniske ækvivalent i 4 akter med prolog, epilog og et «artigt Nachspiel» og med grev Rumford, dr. Julius Robert Mayer, ing. Ludvig August Colding og brygger James Prescott Joule i hovedrollerne.

Prologus: Antoine Laurent Lavoisier, kemiker.

Prolog

Det 18. århundrede skabte to vigtige forudsætninger for en fysisk varmelære:

1. halvdel af århundredet: De første nøjagtige termometre foreligger som forudsætning for det næste skridt!

2. halvdel af århundredet: Kalorimetrien indføres. Det er grundlæggende, at *varme bevares*. Det ligger udtrykt i kalorimeterets hovedligning. Det ene stof optager lige så meget varme, som det andet stof afgiver.

Men hvorfor bevares varme? Det mest nærliggende svar var dengang: Varme må være et stof - thi stof kan hverken opstå eller forgå.

1789: Kemikeren Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) opstiller den første grundstoffortegnelse.

Grundstof nr. 1 Lumière = Lys

Grundstof nr. 2 Calorique = Varme

Grundstof nr. 3 Ilt

Grundstof nr. 4 Kvælstof

Grundstof nr. 5 Brint o.s.v.

Varme som stof betragtet, var accepteret af videnskaben. Lavoisier's grundstoffortegnelse er prologen til dramaet. Prologus forlader scenen i året 1794, idet han henrettes i Frihedens, Lighedens og Broderskabets navn.



Fig. 1. Grev Rumford

* Danmarks Lærerhøjskole

1. AKT

Personerne:

Grev Rumford (1753-1814), amerikaner.

(Fig. 1).

Enkefru Lavoisier.

To heste.

Rumfords egentlige navn er Benjamin Thompson. Hvorfor taler amerikanerne mere om hans samtidige, Benjamin Franklin? Forklaringen er, at de to herrer havde taget parti på hver sin side i Frihedskrigen (1776-1783). Franklin gik i spidsen for frihedskæmperne og «rev sværdet fra tyrannerne», medens Thompson holdt med englænderne. Efter krigen havde hverken Amerika eller (senere) England brug for denne taber, så han rejste til fastlandet - «Europa», som englænderne siger - og fik ansættelse (1785) hos kurfyrsten af Bayern, Karl Theodor. Her forestod han bl.a. udboring af kanoner, og han undrede sig over den varmeudvikling, der fandt sted, ikke bare en overgang, men under hele boringen. Forklaringen måtte vel være, at varmestoffet (grundstof nr. 2!) på grund af presset blev vredet ud af messingspånerne som vand af en våd svamp.

Rumford målte derfor messingspånernes varmefylde i et kalorimeter og blev skuffet. Varmefylden var uforandret den samme som massiv messingsvarmefylde. Kunne varmetoningen skyldes helt andre ting - en kemisk proces? Måske iltning ved ilt fra luften?

For at komme til bunds i sagen anbragte Rumford hele boreopstillingen i en trækasse - fyldt med vand (1797). Fig. 2 viser Rumfords kanonboringsforsøg. Efter tegninger i hans egen artikel herom. Han brugte et stumpet bor for at undgå for mange messingspåner. Temperaturen steg og steg under boringen:

1 time: $107^{\circ}\text{F} = 42^{\circ}\text{C}$

1 1/2 time: $142^{\circ}\text{F} = 61^{\circ}\text{C}$

2 timer: $178^{\circ}\text{F} = 81^{\circ}\text{C}$

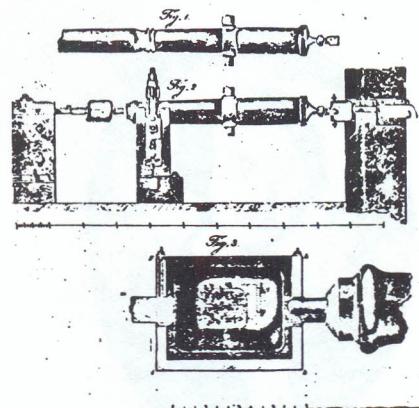


Fig. 2. Rumfords apparat

2 1/3 time: 200°F = 93°C
2 1/2 time: Vandet kogte!

- IT ACTUALLY BOILED, sagde Rumford senere med store bogstaver, og han fortsatte: - «Det vil være svært at beskrive den overraskelse og forbauselse, som de omkringståendes ansigter udtrykte ved at se så stor en mængde koldt vand opvarmet og faktisk bragt til kogning uden nogen ild. Skønt i virkeligheden intet med rette kunne betragtes som overraskende i denne begivenhed, må jeg ærligt tilstå, at det skaffede mig en barnlig glæde».

Men hvor kom varmestoffet fra? Ikke fra vandet, for vandet modtog jo varme. Heller ikke fra omgivelserne, for varmen strømmede jo fra vandet ud i omgivelserne. Rumford havde kun én forklaring, og den brød med tidligere anskuelser. Varmen var nær knyttet til en bevægelse. Bevægelsen blev leveret af de to Rosinanter, der drev boremaskinen.

Hvilken virkning fik nu dette storslæde forsøg på fysikernes overbevisning? Ingen særlig virkning! Selv efter 1800 var teorien om varmestoffet stadig enerådende.

(Ziggelaar: «Der ser I, at det er en myte, at fysikere går ind for den hypotese, der bedst bekræftes af forsøg. Den historiske sandhed er, at de fleste fysikere følger den hypotese, der er på mode»).

Rumford høstede altså ikke megen anerkendelse og fik i øvrigt så mange fjender i Bayern, at han måtte opgive sin stilling 1798. Omsider kom han til Paris, hvor han i 1805 giftede sig med fru Lavoisier - enken efter den videnskabsmand, der havde knæsat teorien om grundstof nr. 2, varmestoffet, caloriqe! De blev separeret 3 år efter. En af grundene vil blive antydet senere. Rumford døde ensom et sted uden for Paris i året 1814.

Dermed falder tæppet for 1. akt.

2. AKT

Næste akt begynder i 1840. Scenen er et hollandsk skib på vej fra Rotterdam til Java.
Personerne:



Fig. 3. Robert Mayer

Dr. Julius Robert Mayer (1814-1878), skibslæge, tysker fra Heilbronn (fig. 3).

Styrmanden.

Søfolk.

Styrmanden fortæller Mayer, at efter en storm er havvandet altid lidt varmere end før. Desuden ser Mayer under åreladning af syge matroser, at deres blod er lysere rødt (mere iltholdigt) end sædvanligt - en første tilpasning til det varme, mindre iltforbrugende klima.

Han spekulerer nu over, om varme skulle være en form for energi, der kan omdannes til andre energiformer og omvendt, men at den ækvivalente energimængde må være uforanderlig i verden, altså: Energi kan forvandles, men ikke tilintetgøres.

Han forelægger sine spekulationer for fysikere, men afvises: «Det er i grunden intet andet end nye anskuelser om sager, som man lige så godt kan betragte anderledes. Ja, hvis De kunne begrunde et nyt forsøg med Deres teori, så har De vundet Deres sag», siger professor Nörremberg i Tübingen til ham.

Dr. Mayer går hjem og ryster et kar med vand, så temperaturen stiger fra 12°C til 13°C.

Han stoler stadig på sine ræsonnementer, og i 1842 skriver han en artikel i et videnskabeligt tidskrift. Han begynder med sine filosofiske argumenter og slutter med en udregning:

Når luft opvarmes ved konstant tryk, er dens varmekapacitet 1,421 gange så stor, som når den opvarmes ved konstant rumfang. Han slutter deraf, at et lods fald over 365 m svarer til opvarmning af en lige så stor vægtmængde vand fra 0°C til 1°C. *Dette er den første beregning af varmens mekaniske ækvivalent.*

I vore enheder svarer det til, at en 15-grads kalorie er ækvivalent med 3,56 J.

I 1845 udgiver Mayer en brochure: «Den organiske bevægelse i dens sammenhæng med stofskiftet» - han er jo læge! Også her begynder han med sin filosofi: «Intet opstår af intet. Intet bliver til intet». Altså kan energi ikke tilintetgøres.

Derefter går han over til forsøgsresultater. Ikke hans egne. Han påberåber sig andres. Fra franskmanden Dulong og andre fysikere låner han igen tallet 1,421 som er forholdet mellem en luftmængdes varmekapacitet ved opvarmning ved hhv. konstant tryk og konstant rumfang. Man tænkte sig som forklaring, at også *det tomme rum* har varmekapacitet, altså: Når luft breder sig over et større rumfang, optager også rummet varme - og det er ikke rigtigt.

Mayer vidste nemlig, at den franske fysiker Gay-Lussac havde vist ved forsøg (1807), at en luftarts udvidelse ind i et tomrum ikke kræver varmetilførsel. (Dette forsøg er bedre kendt under navnet «Joules forsøg» (1845)).

Fra to andre franskmænd, Delaroche og Berard, har Mayer, at 1 m³ luft ved konstant tryk, 1 atm. og

0°C har varmekapaciteten 347 cal. Når man opvarmer ved konstant rumfang, skal man altså tilføre mindre varme, nemlig $347:1,421 = 244$ cal. Mayer fortsætter: Ved opvarmning under konstant tryk får luften lov til at udvide sig, og beholderens låg løftes. Da luften udvider sig $1:274$ pr. grad temperaturstigning (-det havde man målt -), vil låget af en ternering på 1 m^3 altså løftes $1:274 \text{ m}$.

Den kraft, der løfter låget, skyldes luftens tryk på undersiden af låget. Trykket er 1 atm - i vore enheder:

$$10,13 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

Luftens kraft på låget udfører et arbejde på:
 $10,13 \times 10^4 \times 1:274 = 370 \text{ J}$

Mayer hævder nu, at dette arbejde svarer til den ekstra varme, der skulle tilføres, d.v.s. at 370 J svarer til 103 cal., og heraf:
 1 cal svarer til $3,59 \text{ J}$.

Dette er varmens mekaniske økvivalent. Afvigelsen fra den rigtige talværdi skyldes ikke regnfejl, men de mangelfulde måleresultater, han måtte bygge på.

Mayer taler naturligvis ikke om joule. Han siger, at 1 cal. er økvivalent med arbejdet: at løfte et lod på 1 gram 367 m .

Det var 2. akt. Hovedpersonens sortie former sig dramatisk. Den 28. maj 1850 sprang dr. Mayer i pyjamas og i vildelse ud af vinduet fra 9 meters højde og landede i et hospital. Han blev rask igen, men i 1852 og 1853 tilbragte han 13 måneder på et sindssygehospital og blev omsider udskrevet som helbredt. Det hele skyldtes manglende anerkendelse af hans fortjeneste og prioritet; men det har noget at gøre med de følgende hovedpersoner, så vi lader tæppet gå for 3. akt.

3. AKT

Skuepladsen er Sølvgade, København. Hovedpersonen er Ludvig August Colding (1815-1888), stadsingenør i København fra 1858 til 1866 (fig. 4).



Fig. 4. L. A. Colding

Til hans fortjeneste hører bl.a., at han lod lægge riolerings (afløbsrender) i København, en stor bedrift, når man tænker på den tids koleraepidemier. Inden han blev stadsingenør, underviste han på Polyteknisk Læreanstalt (hvorved man aner H. C. Ørsted i kulissen).

1843: Colding sender til Videnskabernes Selskab «Nogle sætninger om kræfterne» (d.v.s. energiformerne, jvf. «kraftværk», atomkraft) o.l., hvor kraft står for energi). Ved en senere lejlighed formulerede han sit udgangspunkt og tankegang således: «Kræfterne ere af aandelig Natur - det Aandelige er udødeligt, og saa maa Princippet: «Naturkræfterne ere i deres Væsen udødelige», være en Naturlov».

Det var hans overbevisning, at «Kræfterne i Naturen maatte være beslægtede med det Aandelige i Naturen, med den evige Fornuft, saavelsom med den menneskelige Aand - saa vist som det er sandt, at den menneskelige Aand er udødelig, saa vist maa det ogsaa være en almindelig Naturlov, at Naturkræfterne ere uforgjængelige».

Men hvad sker der så med den energi, der forbruges på grund af gnidningsmodstand? For at finde svaret, gjorde Colding forsøg med en slæde, der var tungt belæsset med kanonkugler. Fig. 5 viser Coldings apparat. Efter en tegning i Fysisk Tidskrift 14 (1916) 102. Slæden blev trukket over metalstikker, og at de ligesom slædens meder blev varme, kunne han måle på deres længdeudvidelse. Hans forsøg viste, at den «varmemengde», den energi, som metallet optager, er proportional med det udførte arbejde uanset slædens fart eller metallets art. Arbejdet omsættes til en økvivalent mængde «varmeenergi».

Coldings udgangspunkt var energi som bindeleddet mellem ånden og naturen. Man tænker uvilkårligt på H. C. Ørsteds bog: «Aanden i Naturen». Ørsted har uden tvivl inspireret Colding uden dog at tro på alle hans konklusioner. Ved sine første forsøg nøjedes Colding med at eftervise proportionaliteten mellem indre energi («varmemængde») og udført arbejde. Men da Ørsted m.fl. gennem videnskabernes Selskab skaffede ham en sum på 200

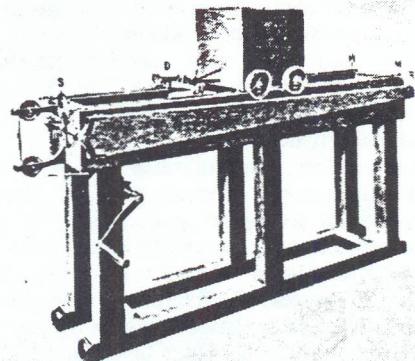


Fig. 5. Coldings apparat



Fig. 6. James Prescott Joule

rigsdaler, kunne han bygge et nyt og forbedret apparat (som er blevet restaureret af professor Martin Knudsen og nu står på Teknisk Museum).

Med dette apparat bestemte han nu varmens mekaniske ækvivalent til 1185 pundfod. D.v.s. at den varme, der opvarmer 1 pund vand 1°C svarer til arbejdet med at løfte 1 pund 1185 fod. I nutidsmål: 1 cal. svarer til $3,65\text{ J}$, hvilket er 13% for lidt. Resultatet meddeltes i Videnskabernes Selskabs Skrifter i året 1850.

Hvem har inspireret ham til dette nye skridt? Det vil vi se på i 4. og sidste akt.

4. AKT

Hovedpersonen er her James Prescott Joule (1818-1889), brygger i Manchester. Joule har aldrig haft en stilling som videnskabsmand (fig. 6). Men som medejer af bryggeriet var han interesseret i at forbedre maskiners effektivitet - mest muligt arbejde med mindst forbrug af brændsel.

Først gjorde Joule forsøg med elektromotorer, fordi han håbede, at de kunne blive mere økonomiske end varmemaskiner. Resultatet blev Joules lov (1814): Den elektriske effekt (i watt) er givet ved $R \cdot I^2$.

Men med datidens strømkilder, galvaniske elementer, var elektromotorer ikke økonomiske nok. Han vender interessen mod varmemaskinen, der omsætter varme til arbejde. Fra 1843 til 1849 måler han på mange måder, hvor megcal., altså varmens mekaniske ækvivalent.

Joule er den første, der interesserer sig *direkte* for varmens mekaniske ækvivalent. Han benytter f.eks. Rumfords forsøg til at danne sig et første skøn. Rumford havde jo sagt, at to heste arbejdede, men at én hest sagtens kunne trække boremaskinen. Altså: En hestekraft i $2\frac{1}{2}$ time bringer vandet i kog. Rumford opgiver vandets, borets og kanonens varmekapacitet. Joule beregner heraf, at 1 cal. svarer til $5\frac{1}{2}\text{ J}$.

Men han gør seg selv forsøg. I 1843 lader han en

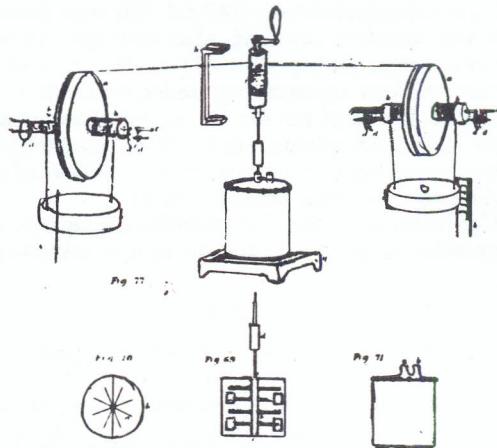


Fig. 7. Joules apparat

dynamo opvarme en modstand og anvender sin egen lov til at finde:

$1\text{ Fahrenheitcal.} = 838\text{ footpounds}$,
d.v.s. den varmemængde, der opvarmer 1 pound vand $1^{\circ}\text{Farenheit}$, er ækvivalent med det arbejde, der kan løfte 1 pound vand 838 engelske fod - eller i vores enheder: $1\text{ cal.} = 4,51\text{ J}$.

I 1845 presser han vand gennem snævre rør og finder 774 footpound, d.v.s. $1\text{ cal.} = 4,16\text{ J}$.

I 1849 opvarmer han ca. 6 liter vand i et kalorimeter ved at lade et skovlhjul røre rundt i vandet.

Fig. 7 viser Joules apparat. Efter tegninger i Joules «Scientific Papers». Skovlhjulet blev trukket af to lodder, der langsomt sank ca. $1\frac{1}{2}\text{ m}$, løftedes og sank - i alt 20 gange i hvert forsøg. Imellem forsøgene målte han den temperaturændring i vandet, der skyldtes udstråling til omgivelserne. Hans termometre var inddelt i $1/10^{\circ}\text{Farenheit}$, og han kunne aflæse med $1/20$ inddelings nøjagtighed, d.v.s. $1/200^{\circ}\text{ Farenheit} = \text{ca. }1/400^{\circ}\text{ Celsius!}$

Det var også nødvendigt, for ved hvert forsøg steg vandets temperatur kun ca. $\frac{1}{2}$ grad.

Joule gjorde utallige andre forsøg, f.eks. gnidning i kviksolv eller støbejern mod støbejern, og resultatet blev $772.692\text{ footpound} = 4.158\text{ J}$ - kun $6\frac{1}{2}$ promille for lidt, og nu begyndte man omsider at tro på ham og vise ham opmærksomhed.

Snart falder tæppet for 4. akt, men lad os først stille et samfundsrelevant spørgsmål: Hvorfor blev Joule en ener? Hvorfor blev hans indsats længe ikke værdsat? Og hvorfor kunne Rumford ikke gøre sig gældende?

Både hos Rumford og Joule finder vi træk, der er i disharmoni med samfundet. Rumford borede i kanoner - javel, men han tjente også samfundet på anden vis. Han samlede subsistensløse fra Münchens gader og satte dem i skarevis til nytigt arbejde - ikke fordi hans hjerte bankede ømt for de fattiges skæbne. Hans interesse var *effektivitet*, og hans fattighjælp sprang af samme inspiration som

de mange sindrige husholdningsapparater, hvormed han fyldte fra Lavoisiers køkken.

Ved dramaets slutning står Joule, en ædel personlighed, både etisk, religiøst og kulturelt. Men Joule fik aldrig indpas i naturvidenskabens arbeidsverden - han var jo bare «den rige brygger». Rig, ja: Joule var interesseret i kunst - han købte engang et maleri for en sum, som en almindelig mand skulle arbejde et helt år for. Og Joules forsøg sigtede på at forbedre de maskiner, der forværrede arbejderproletariatets kår i det 19. århundrede England. Skilden for dette kan hverken lægges på maskinerne eller på Joule, men på det samfund, han levede i.

Nu kunne hr. Joule gerne forlade scenen, hvis vi ikke havde brug for ham til at forklare hvorfor dr. Mayer sprang ud af vinduet:

I 1848 fremkom en artikel i Frankrig, hvori det meddeltes, at Joule - og selvfølgelig nogle fransk-mænd - havde været de første til at opdage varmens mekaniske ækvivalent. Mayer protesterede, men hans prioritet blev ikke anerkendt. I 1850 offentliggør Joule resultaterne af sine sidste forsøg under titlen «Varmens mekaniske ækvivalent». Han nævner ganske vist Mayers forsøg med at ryste et kar med vand, men ikke hans beregning af varmens mekaniske ækvivalent.

I 1851 hævder Joule yderligere, at Mayer ikke havde prøvet at underbygge sin hypotese om varmens mekaniske ækvivalent gennem forsøg. Så forstår man ligesom bedre, hvorfor Mayer i 1850 sprang ud af vinduet og i 1852 måtte spærres inde på sindssygehospital. Exit brygger Joule!

EPILOG + ET ARTIGT NACHSPIEL

Dramaet er slut, og epilog'en frembæres af en tysk lærde og læge: Hermann Helmholtz (1821-94).

1847: I et foredrag: «Ueber die Erhaltung der Kraft» («Energiens bevarelse») udtaler Helmholtz ganske klart energiprincippet og anvender det ved udregninger på alle tænkelige energiomsætninger. Helmholtz kendte dengang hverken Mayer eller Colding, og om Joules forsøg erfarede han først, da han (Helmholtz) var ved at afslutte sit arbejde.

MEN - og nu kommer det -!!

1854: Helmholtz siger i et andet foredrag («Vekselvirkningen mellem naturens Kræfter»): «Den første, der rigtigt opfattede og fremsatte den her omtalte Naturlov, var en tysk Læge, J. R. Mayer i Heilbronn i Aaret 1842. Lidt senere, i 1843, fremlagde en Dansker, Colding, for Københavns Akademi en Afhandling, som udtalte samme Lov og tillige indeholdt nogle Forsøgsrækker til videre Begrundelse deraf. I England havde Joule omrent samtidig paabegynt Forsøgsrækker over samme Emne».

Det var EPILOGEN.

Nu kommer NACHSPIELET - det «artige».

1862: Tyskeren Rudolf Clausius meddeler John

Tyndall i England en række oplysninger om Robert Mayer og sender ham kopier af Mayers Artikler. Tyndall fremhæver derpå Mayers indsats i en artikel i et engelsk videnskabeligt tidsskrift, Philosophical Magazine, hvorpå William Thomson (Lord Kelvin) og Peter Guthrie Tait forsvarer Joule. Det blev i 1862-1864 til 24 artikler med fynd og klem, med brag og gnister, om Mayers eller Joules prioritet. Joule og Mayer ignorerede striden. Tyndall dømmer selv: «Som Seer («profet») og den, der generaliserer, indtager efter min Mening Mayer Førstepladsen - som Eksperimentator Joule».

Vor danske fysiker, Colding, er placeret et sted mellem de to. Vi, der nu ved, hvilken betydning energien har både for naturvidenskaben og for hele samfundet, kan glæde os over, at en dansker var blandt de første, der klart så det afgørende ved energien, nemlig dens bevarelse.

Fra FYSIK/KEMI 1980/4.

Artikkelen bygger på et foredrag. Referatet er ved redaktør Ingolf Andersen.

MAGNETISK FREMDRIFT FOR SKIP

Japanske forskere mener å ha løst det tekniske problemet med å drive et 10 000 tonns skip elektromagnetisk. En representant for Kawasaki Heavy Industries, dr. Akira Iwata, hevdet i juni i år at hans forskerkolleger nå bare venter på at det skal bevilges tilstrekkelige midler for at et slikt skip kan bygges.

Ideen, som går ut på å drive et skip ved hjelp av en magnet ombord og et elektrisk strømførende felt i vannet, har vært kjent i 20 år. Prinsippet for slik fremdrift er det samme som i elektromotorer - at en strømførende ledet i et magnetfelt resulterer i en linær kraft.

Tidligere forsøk på å drive skip på denne måten har strandet på vanskelighetene med å drive en kraftig nok elektromagnet ombord. Iwata mener problemet kan løses ved å bruke superledende magneter nedkjølt med flytende helium.

Men et elektromagnetisk skip må også utstyres med en kraftig likestrømsgenerator for å kunne drive elektrisk strøm gjennom vannet. Det ble ikke opplyst hvilken energikilde en tenker å bruke for å drive en 10 000 tonner.

Men forskerne ved Kawasaki mener å ha funnet en løsning på ett av hovedproblemene de står overfor - nemlig klordannelsen som oppstår når en elektrisk ladning passerer gjennom saltvann.

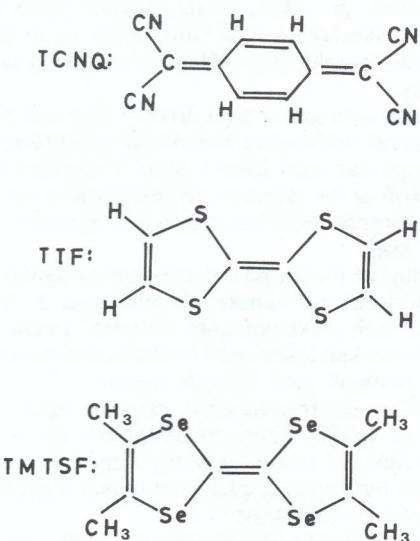
Fra Teknisk Ukeblad

NYE MATERIALE: METALL UTAN METALLATOM

Emil J. Samuelsen *

Spørsmål: Kva nytte kan du tenke deg å ha av eit materiale som er slik at det er elektrisk isolerande i to retningar, men er ein god elektrisk leiar i den tredje? Det er ikkje her snakk om noko slikt som ein bunt av parallele isolerte metall-tråder, men reine stoff med ei slik sterkt anisotrop elektrisk leiingsevne. Slike stoff kjenner ein mange av i dag, men ikkje veit eg kva dei kan nyttast til. Likevel er dei særskilt interessante frå eit grunnleggande material-fysisk synspunkt.

1960-åra var ei særskilt fruktbar tid for materialfysikken. Mellom anna var det stor interesse for supraleiring, det fenomenet at all elektrisk resistans blir borte i enkelte metall når dei blir kjølte langt nok ned. Supraleiring er jo også av særskilt stor teknisk interesse. For tjue år sidan leitte ein etter materiale som kanskje kunne gjerast supraleiande ved høge temperaturar, helst romtemperatur. Amerikanaren Little foreslo i 1964 at visse *organiske* kompleksar kunne vere aktuelle kandidatar. Det vart stor ståhei rundt observasjonar han og medarbeidarane gjorde i åra etter. No viste det seg at høgtemperatur-supraleiarar fann dei ikkje. Men arbeidet opna for ei særskilt forsking på eindimensjonale elektriske leiarar av organisk stoff.

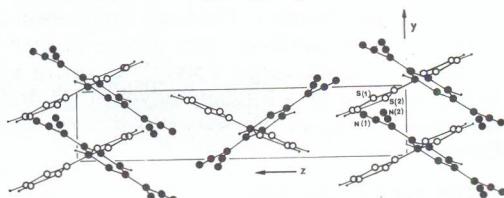


Figur 1. Kjemiske formlar for tetracyanokonon (TCNQ), tetra-tiofulvalen (TTF) og tetrametyl-tetraselensulfid (TMTSF). Der er eit karbonatom (C) i alle punkt der bindingane møtes.

* Avd. fysikk og matematikk, NTH.

Dei eindimensjonale organiske «metalla» har det til felles at dei inneholder molekyl med «delokaliserte elektron», det vil seie elektron som ikkje er knytt til bestemte atom eller atomgrupperingar i molekylet, men dei tilhører heile molekylet. Det kan vandre omkring i molekylet. Kjemikarane har greie på at i flate, ringforma molekyl, slik som bensinmolekylet C₆H₆, førekjem det dei kallar for π -elektrona, og dei er delokaliserte. - Dei aktuelle stoffa er kompleksar av ringforma molekyl av to ulike slag. Det eine slaget kan gi frå seg eitt elektron til det andre, ein «donor» som gir elektronet til ein «akseptor». Prototypen eindimensjonal leiar består av molekyla tetra-tio-fulvalén og tetra-cyano-kidon. Fysikarane har skrekk for skikkelege kjemiske namn og forkortar dei til TTF og TCNQ, etter dei engelske nemningane. Formlane for dei er gitt i Figur 1. - Legg der merke til at TCNQ berre inneholder dei organiske atomslaga hydrogen, karbon og nitrogen. TCNQ inneholder svovel i tillegg til hydrogen og karbon. Metallatom finst ikkje. Blandingar av TTF og TCNQ dannar ein karakteristisk stablestruktur ved krystallisering. Som det kanskje er mogleg å sjå av Figur 2 utgjer TTF-molekyla og TCNQ-molekyla kvar for seg uendelege, skrå-stilte rekker eller stablar. Ein kjenner strukturen bra, og veit at avstanden er kort mellom nabomolekyl i stablane. På grunn av den tette pakkinga kan dei flyttbare π -elektrona vandre frå molekyl til molekyl langs stabelen. Dei ekstra elektrona akseptorstabelen TCNQ fekk frå donorstabelen TTF ved kompleksdanninga (altså under krystalliseringa), blir «frie elektron», frie til å flytte seg i stabel-retninga. Også «holet» i TTF-stabelen vil kunne vandre. Målingar av Hall-koeffisienten i TTF-TCNQ tyder på at elektrona har størst mobilitet, og at stoffet såleis er eit metall. Elektrisk leiingsevne for TTF-TCNQ i stable-retninga er ikkje spesielt høg (2,5·10⁴ (ohmm)⁻¹ ved romtemperatur, jamnført med 5,8·10⁷ (ohmm)⁻¹ for koppar). Men loddrett på stablane er leiingsevna berre 1/300 av dette. For andre kompleksar er dette forholdet endå mindre. - TTF-TCNQ har metallisk glans, det har metallisk termoelektrisk effekt, og leiingsevna aukar når stoffet blir kjølt ned, som for vanlege metall. Som kjent er halvleiarar karakterisert med motsett temperatur-effekt. - Ved ein temperatur på 60K er leiingsevna auka til 25 gonger verdien ved romtemperatur.

Men ved vidare nedkjøling skjer det noko særskilt.



Figur 2. Skråstilte stablar (langs y-aksen) av TCNQ (fylte symbol) og TTF (opne symbol).

interessant: Metall-eigenskapane blir brått borte! For teori-orienterte fysikarar er kanskje dette den mest fascinerande eigenskapen ved dei ein-dimensjonale metalla, at dei blir isolerande ved låg temperatur. For TTF-TCNQ fell leiingsevna brått ved 54K, og ved 10K er stoffet ein brukbar isolator. Med røntgendiffraksjon kan ein sjå at det skjer ei strukturendring ved 54K; det oppstår det ein kallar for «ein modulert struktur». I staden for «frie elektron» får ein ståande «ladnings-tetthetsbolger», og dei har ei bølgjelengd som ikkje samsvarar med repetisjonsavstanden i krystallgitret. Gitret blir modulert av desse stående bølgjene, men med ein periodisitet som er inkommensurabel med gitter-symmetri.

Då stoffet TTF-TCNQ vart oppdagat i 1973, var teoretikarane særskilt oppglødde: Hadde ikkje teoretikaren Peierls alt i 1954 forutsagt at eindimensjonale metall ikkje kan eksistere ved låge temperaturar, kanskje? - Ein reknar overgangen ved 54K å vere ein typisk Peierls-overgang: Det svarar seg for stoffet å ofre litt energi i form av indre elastiske deformasjonar i gitret, mot å få igjen meir i form av energivinst ved at elektrona blir lokaliserete. Dette er eit nydeleg eksempel på korleis material-eigenskapane er eit resultat av samspelet mellom struktur og elektroniske forhold, og korleis dette samspillet verkar kollektivt og samtidig i heile stoffet.

Kjemikarar kan vere tusen kunstnarar, ikkje minst i organisk kjemi. Dei kan bygge om og modifisere molekyla nesten som dei vil. Dei kan til dømes gjøre dei til betre eller dårligare donorar og akseptorar ved å henge på side-grupper i molekylet, eller skifte ut atomslag med andre. Dei kan også gjøre dei vanskelegare eller lettare å lage stablar av ved ulike triks. Kjemikarane har utvida TTF-TCNQ-familien enormt. Det finst no hundretals variantar og kombinasjonar. I staden for TTF har ein t.d. TSF, TMTTF, HMTSF, NMP (og mange fleire). TCNQ kan erstattast av DETCNQ, MTCNQ, TNAP, DMTCNQ og så vidare. Kva desse bokstavane står for er berre gitt dei spesielt innvidde å vite. Dette er eit eksempel på eit felt der forkortingsmanien har gripe sterkt om seg. Der er ikkje system i forkortingane, dei bryt alle internasjonale normeringsreglar og formerer seg som paddehattar. - Vi skal her berre forklare to: TSF svarar til TTF der svovel («tio») er bytta ut med selen (Se) altså tetraselenfulvalen. TMTSF står for tetrametyl-tetraselen-fulvalen, altså der dei fire H-atoma er bytta ut med methyl-grupper CH₃; sjå elles Figur 1.

Dei aller fleste kjende eindimensjonale organiske leiarane har eigenskapar som liknar på prototypen TTF-TCNQ. Storleiken av leiingsevna kan variere frå stoff til stoff, og temperaturane for Peierls-overgangen varierer likeins. - Mange av stoffa er kjemisk sett nokså ustabile, og det har ikkje lykkast å lage ein-krystallen av så mange av dei. Dei fleste er også mekanisk sett vanskelege stoff, nokså sprø. Så-

leis dannar TTF-TCNQ tynne nålforma krystallar som må handsamast varsamt.

Ei ny og uventa oppdagning vart gjort i 1980. Ein fann då at akseptormolekylet TCNQ ikkje var påkrevd. Kjemikarane fann på å skifte det ut med enklare uorganiske ionekompleks, slik som NO₃⁻, ClO₄⁻, ReO₄⁻ og PF₆⁻. Det gav betre leiingsevne. Til dømes fann ein at stoffet (TMTSF)₂PF₆ er metallisk leiande heilt ned til 12K, og ved den temperaturen er leiingsevna heile 10⁷ (ohm)⁻¹, som er 1/6 av verdien for koppar ved romtemperatur. I våre dagar er det slik i forskinga, at så snart nyoppdagingar som denne blir gjort, står tall-rike velutrusta laboratorium klare til å kaste seg overfeltet med alle middel. Det gjeld om å vere først ute med neste sensasjon, og det samla forskningspotensialet i USA, Japan og Europa er i stadig beredskap. Forskingspotensialet i materialfysikk er ikkje lite. Ein går igang med å undersøke dei nye stoffa under alleslags forhold, dei som har trykk-cellær undersøker dei under trykk. Og ein fann då også at metall-isolator-overgangen var sterkt påverkeleg av trykket.

I 1981 kom den neste overraskinga: Ein fann at for (TMTSF)₂PF₆-komplekset gjekk overgangstemperaturen stadig nedover når ein aukar trykket, samtidig som den elektriske ein-dimensjonaliteten vart mindre framherskande. Og så fann ein at ved eit trykk på 12 kbar vart stoffet supra-leiande, for temperaturar under 1,2K! Her hadde ein altså på eit vis brukta 20 år på å gå sirkelen rundt: I 1964 tok ein til å leite etter ein organisk supraleiar, men fann heilt andre eigenskapar å utforske. I 1981 dukka supraleiingseigenskapar plutsleg opp som troll av eske. Nye sensasjonar fulgte: ClO₄-komplekset (med TMTSF)₂ blir supraleiande utan trykk, også det for temperaturar under 1,2K. ReO₄-komplekset, derimot, som har ein nesten identisk struktur, blir ikkje supraleiande. Ved nedkjøling har det ein overgang frå metall til isolator ved 175K. - Fleire sensasjonar vil kanskje følgje. Dei nyaste observasjonane har ein til no inga djupare forståing av. Ein veit ikkje kva det er som bestemmer mellom supra-leiing eller isolatortilstanden ved låge temperaturar. Her er eit fruktbart og utfordrande forskingsfelt, der kjemikarar, eksperimental-fysikarar og teoretikarar i materialfysikk har interessante nøtter å knekke. - Men ein kan også gjenta innleiingsspørsmålet: Kva kan ein nytte eindimensjonale elektroniske leiarar til?

Referansar:

- K. Canneiro: «Molecular semiconductors, metals and superconductors» i *New Horizons of Quantum Chemistry* (Ed. P.-O. Löwdin og B. Pullman) Reidel Publ. Company (1983) side 373-393.

Chemica Scripta 17 s. 1-230 (1981).

Molecular Crystals & Liquid Crystals 79 part A-E (1982).

LABORATORIET FOR SKOLEFYSIK I ÅRHUS

Henry Nielsen og Poul V. Thomsen *

Laboratoriet for Skolefysik blev oprettet i 1972 som et typisk, omend særdeles veludrustet, skolelaboratorium. I adskillige år var laboratoriets eneste funktion at tilbyde et kursus i eksperimentel teknik for studerende, der ønskede at blive gymnasielærere i fysik, men for nogle år siden blev vi så interesserede i problemer i forbindelse med fysikundervisning, at vi besluttede at udvide laboratoriets aktivitet. Adskillige initiativer blev taget for at styrke forbindelsen mellem universitet og gymnasium, og vi giver i det følgende en kort præsentation af disse aktiviteter.

1. Kursus i Eksperimentel Skolefysik

Dette er stort set det samme kursus, som blev startet i 1972. Det består af ca. 100 timers laboratoriearbejde, hvor studenterne lærer at håndtere moderne fysikapparatur, som bruges i gymnasiet. Kurset er obligatorisk for studerende, der ønsker at blive gymnasielærere i fysik, og følges af 30-50 studenter hvert år. Kurset ledes af 2 universitetslærere og 2 erfarene gymnasielærere, som alle er deltidsbeskæftigede ved kurset.

2. Kursus i Fysik/Kemi-Didaktik

Dette er et ikke-obligatorisk kursus, som supplerer det ovenfor nævnte. Formålet er at give studenterne en indsigt i de overvejelser, der må gøres, når et nyt fysik- eller kemikursus planlægges (formål, udviklingspsykologi, undervisningsstrategier, evaluering osv.). Deltagerne får lejlighed til at producere undervisningsmateriale til et emne, de selv vælger, og til at afprøve materialet i praksis i en gymnasiekasse under vejledning af klassens sædvanlige lærer. Endelig skal deltagerne skrive og præsentere en rapport om deres arbejde med det faglige stof og med klassen.

Kurset blev afholdt første gang i 1981 som et rent fysikdidaktik kursus, men er blevet udvidet gennem et samarbejde med Kemisk Institut. Kurset tilbydes til fysik- og kemistuderende hvert år og følges af 10-15 studerende årligt.

I fortsættelse af kurset har 2 studerende lavet speciale i fysik- og kemididaktik («Transistoren - fysikken bag den og et eksempel på dens anvendelse i det moderne samfund» og «Analyse af eksisterende undervisningsmateriale og udarbejdelse af undervisningsmateriale til ferskvandsforurening»).

*) Det fysiske Institut, Aarhus Universitet, DK 8000 Århus C. Danmark.

3. Efteruddannelseskurser for gymnasielærere

Der er i Danmark en lang tradition for, at universiteterne tilbyder efteruddannelseskurser for gymnasielærere i emner som f.eks. astronomi, brug af radioaktivitet, energiproblemer osv. For øjeblikket er denne aktivitet indstillet på grund af finansielle og juridiske problemer, men vi håber at få den genoptaget. Vi har i stedet samarbejdet med Fysiklærerforeningens faglige udvalg om nogle af udvalgets efteruddannelseskurser (1.g fysik, Fysik for gymnasiets sproglige linie, Piger og fysik).

4. Bøger om Fysik og Energi

I 1978 og igen i 1979 afholdt den ene af os et efteruddannelseskursus i Fysik og Energiproblemer. Deltagerne opmuntrede stærkt til at overføre forelæsningerne til en bogserie om de forskellige aspekter af energisituationen i det moderne industrielle samfund.

Der er indtil nu udkommet 4 bøger på F&K-forlaget*, som er et lille, nonprofit forlag, der drives af Fysik- og Kemilærerforeningerne i Danmark. Hver bog fokuserer på et bestemt energiproblem eller energiteknologi og indeholder foruden læsestof også detaljerede forslag til teoretiske eller eksperimentelle øvelser, der kan udføres af eleverne, entkedvis eller i grupper.

Bøgerne er skrevet med følgende formål:

- at blive brugt i fysikundervisningen i det danske gymnasium.
- at give eleverne mulighed for at bruge deres baggrundsviden i fysik til at studere specifikke problemer med høj aktualitet.
- at forbedre elevernes almene viden om energi og energisituationen, så de bedre bliver i stand til at udskille relevant information fra strømmen af nyheder om energiproblemer.
- at etablere et konstruktivt samarbejde mellem universitetslærere og gymnasielærere ved fælles udarbejdelse af bøgerne.

Det er indtil nu udkommet følgende bøger:

P. Martinsen og H. Nielsen: Globale energiperspektiver

F. Bason og H. Nielsen: Solenergi og solvarmeanlæg

F. Elvekjær og H. Nielsen: vindenergi og vindmøller

N. Bandholm, G. Offenberg, H.C. Rasmussen, J. Jensen og H. Nielsen: Energilagring.

5. Skolefysik-Workshop

I 1982 startede vi en skolefysik-workshop for at tilbyde et forum for jævnlige og uformelle diskussioner mellem fysiklærere på universitetet og de omkringliggende gymnasier. Workshop'en består dels af månedlige møder med foredrag og diskussion, dels af arbejdsgrupper, der mødes hyppigere om bestemte problemer. Der er i øjeblikket arbejdsgrupper om følgende emner:

- Digitalelektronik
- Eksperimenter i fysikundervisningen
- Fysik/kemi i gymnasiets sproglige linie
- Piger og fysik

De 3 første grupper arbejder på undervisningsmateriale til brug i gymnasiet, mens den sidste bl.a. arbejder med at tilrettelægge et efteruddannelse-skursus om emnet i september 1984.

6. GF-projektet

Formålet med arbejdet indenfor Laboratoriet for Skolefysik er at hjælpe med til at forbedre fysikundervisningen. Forbedringer kan ske ved efterudannelse af lærere (punkt 3), ved udarbejdelse af nyt undervisningsmateriale (punkt 4 og 5), men også gennem en bedre forståelse af de faktorer, der begrænser elevernes udbytte af fysikundervisningen. Der er ikke nogen tradition i det danske gymnasium eller på universiteterne for denne type af forskning, som vi satte igang i 1981. I begyndelsen var arbejdet rettet mod at give os den nødvendige baggrund for kurset i fysikdidaktik (punkt 2), men fra 1982 har det udviklet sig til et selvstændigt forskningsprojekt: GymnasieFysikprojektet (GF-projektet), som omtales i det følgende.

En af de faktorer, der begrænser elevernes udbytte af fysikundervisningen synes at være konflikten mellem de kognitive krav, de nuværende fysikkurser stiller til eleverne, og elevernes kognitive niveau. Eksistensen af denne konflikt er påvist af f.eks. Karplus o.a. i USA, Shayer o.a. i England og Sjøberg o.a. i Norge. Disse arbejder er baseret på den schweiziske psykolog Jean Piagets arbejder om kognitiv udvikling. Da der er forskellige nationale traditioner i fysikundervisningen, forekommer det os vigtigt at foretage et lignende studium i Danmark, men dette er endnu ikke afsluttet.

En anden begrænsende faktor er elevernes intutive ideer om, hvordan omverdenen fungerer. Blandt fysiklærere og fysikere har det længe været en implicit antagelse, at man tænker det, man er blevet lært at tænke! Men arbejder af Jung, Duit, Viennot, Driver, Andersson, Sjøberg og mange andre har vist, at en meget stor del af skoleeleverne (og de universitetsstuderende) bruger «førvidenskabelige ideer» til at forklare dagligdagens fysikfænomener. Det ser ud til, at disse førvidenskabelige ideer er blevet udviklet i en tidlig alder i et forsøg på at bringe orden i individets egne erfaringer, og det ser også ud til, at disse ideer er meget svære at ændre. Der ligger her en virkelig udfordring for fysikundervisningen: At få den enkelte elev til at indse, at disse ideer er inkonsistente, leder til fejlslutninger og derfor bør erstattes med bedre ideer - dvs. fysikkens nuværende teorier. Den traditionelle fysikundervisning synes i nogen grad blot at give et tyndt lag af formel viden, som krakelerer, når det konfronteres med fænomener i en anden kontekst end fysikundervisningen.

Et første skridt er at afdække eksistensen af førvidenskabelige ideer, og vi begyndte med at give vores egne universitetsstuderende en papir-og-blyanttest, som tidligere var brugt i Oslo (Lie og Sjøberg). Resultatet var ret ens i de to lande, og er kort sagt, at en stor del af studenterne bruger Aristoteliske ideer og middelalderlige (impetus) ideer, når de stilles simple spørgsmål om kraft og bevægelse. Spørgsmålene var af en kvalitativ karakter, så studenterne kunne ikke bruge de avancerede metoder, de har lært i gymnasiet og på universitetet. En rapport om resultaterne er udgivet af Det fysiske Institut (GF-0).

I samarbejde med fysiklærere fra den danske folkeskole og gymnasiet udførte vi en større undersøgelse over samme emne blandt 1200 elever fra 8. klasse i folkeskolen til 3.g i gymnasiet. Undersøgelsen omfattede foruden mekanikopgaver også opgaver i elektricitet, varme, energi og bølger samt nogle «Piagetopgaver». Undersøgelsen fandt sted i november 1982 og resultaterne findes i GF-1-rapporten.

Hovedresultaterne er

- eleverne bruger førvidenskabelige ideer i alle de undersøgte områder, men mekanik er det mest udprægede område.
- pigerne klarer sig betydeligt dårligere end drengene i alle elevgrupper. Dette er i overensstemmelse med resultater fra andre lande, men der er endnu ingen endelig afklaring af, hvorfor det er tilfældet.

En tredie faktor, der kan begrænse elevernes udbytte af fysikundervisningen er deres interesser og holdninger til fysik. For at undersøge dette udførte vi en spørgeskemaundersøgelse i august 1982 blandt 725 ny gymnasieelever. Blandt de særligt interessante resultater er

- flertallet af ny gymnasielever betragter fysik som det vanskeligste fag, de har mødt i folkeskolen.
- eleverne foretrækker laboratoriearbejde og lærencentreret undervisning, mens kollektive arbejdsformer betragtes med stærk skepsis.
- moderne fysik er meget populært blandt eleverne, mens de fleste emner indenfor klassisk fysik og teknologi vurderes betydeligt lavere.
- drengene synes at have mere selvtillid end pigerne, skjønt deres fysikkarakterer fra folkeskolen er meget ens.
- eleverne møder positive og optimistiske op i gymnasiet, og flertallet har en mening om, hvilken uddannelse de ønsker efter gymnasiet. Der er traditionel kønsrolleforskelse mellem drengenes og pigernes ønsker.

De detaljerede resultater af denne undersøgelsen findes i GF-2-rapporten.

Den netop beskrevne undersøgelse blev fulgt op i slutningen af 1.g blandt de elever, der havde valgt

matematisk linie (maj, 1983). Formålet var at få elevernes vurdering af blandt andet fysikundervisningen i 1.g, og 397 elever deltog. En detaljeret beskrivelse af resultaterne findes i GF-3-rapporten, og blandt hovedresultaterne var.

- fysik og kemi indtager en særstilling blandt gymnasiets fag ved at være både interessante og vanskelige.
- mange af de elever, der ved begyndelsen af 1.g regnede med at fortsætte på den matematisk-fysiske gren efter 1.g, har ombestemt sig og i stedet valgt matematisk-naturfaglig eller matematisk-samfundsfragtlig gren, som har mindre fysik. Mange elever angiver, at fysikundervisningen har fået dem til at ændre deres mening.
- elevernes holdning til undervisningsformer er stort set uændret. Dog vurderes demonstrationsforsøg nu lavere.
- en fjerdedel af eleverne mener, at brugen af formler har vanskeliggjort forståelsen af fysik.
- det store flertal af eleverne har fået deres forventninger til gymnasiet opfyldt og er tilfredse eller jævnt tilfredse med fysikundervisningen.

Det er tanken at følge denne undersøgelse op ved slutningen af elevernes gymnasiesforløb, dvs i foråret 1985. Vi vil hermed have fået et helhedsindtryk af gymnasiet set med elevernes øjne.

Endelig har vi i oktober 1983 spurgt gymnasiets fysiklærere om deres mening (GF-rapport nr. 4). 257 lærere deltog i denne spørgeskemaundersøgelse (ca. en fjerdedel af gymnasiets fysiklærere). Nogle hovedresultater:

- næsten alle fysiklærere er mænd.
- lærernes uddannelse på universitet og praktisk pædagogik vurderes positivt.
- lærerne læser fagtidsskrifter flittigt, deltager i faglige møder både på skolen og udenfor, og føler behov for efteruddannelse.
- eleverne er blevet dårligere - især til matematik - efter folkeskolereformen i 1976.
- elevernes udbytte af fysikundervisningen begrænses desuden især af tidspres og for store klassekvoteinter.
- der er behov for ændringer i 1.g's pensum, især fordi det nuværende pensum er for omfattende.
- der er behov for ændringer i pensum på matematisk-naturfaglig og -samfundsfragtlig gren, især fordi det nuværende pensum er for omfattende, for abstrakt og for lidt motiverende.
- der er derimod ikke behov for ændringer på den matematiskfysiske gren.
- naturfag bør indføres på sproglig linie og skal i hvert fald indeholde fysik og kemi. Der er stor uenighed om omfanget af matematik, biologi og geografiindhold.

Planer for fremtiden

GF-projektet har hidtil været i en analyserende

og dataindsamlende fase, men vi er nu begyndt på en curriculumudviklende fase. Som omtalt under punkt 5 drejer det sig i første omgang om et nyt kursus i fysik og kemi på gymnasiets sproglige linie, hvor der i øjeblikket ikke findes et sådant kursus, på længere sigt vil der også være behov for en indsats på den matematiske linies 1.g samt de natur- og samfundsfragtlig grene.

I samarbejde med kolleger fra Finland, Norge, Sverige og Danmark forbereder vi i øjeblikket det første nordiske forskersymposium om «Naturvidenskabelig indlæring - problemer og perspektiver», som afholdes i Danmark i november 1984. Formålet med dette symposium er

- at give nordiske forskere på området mulighed for at udveksle resultater, erfaringer og synspunkter.
- at give mulighed for planlægning af et mindre antal langsigtede, fællesnordiske forskningsprojekter, der skal give fysiklærerne et relevant, videnskabeligt grundlag for deres pædagogiske virksomhed, og herigenom medvirke til at forbedre og effektivisere fysikundervisningen i de nordiske lande.

Vi er meget interesserede i samarbejde og udveksling af erfaringer på de områder, der er omtalt i denne artikel, og vil hermed opfordre interessererde personer til at kontakte os.

Rapporter udgivet af Det fysiske Institut, Aarhus Universitet, i forbindelse med GF-projektet:

Henry Nielsen og Poul V. Thomsen:

- GF-0: Fart og kraft - en fysiktest blandt studerende og kandidater. Marts 1982.
GF-1: Hverdagsforestillinger om fysik - en fysiktest fra 8.klasse til 3.g. Februar 1983.
GF-2: 1.g. 1982 - erfaringer og holdninger hos nye gymnasister. Marts 1983.
GF-3: 1gm. maj 1983 - en årgang siger sin mening om 1.g. September 1983.
GF-4: Fysik i gymnasiet - lærernes mening. Februar 1984. (medforfatter: Arne Mikkelsen).

Referencer i øvrigt:

- Andersson, B. et al (1979-): EKNA-rapporter. Göteborgs Universitet.
Driver, R. (1981), Eur. J. Sci. Ed., 3, 93.
Duit et al (1981): Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. Aulis, Köln.
Karplus et al (1977), J. Res. Sci. Teach., 14, 411.
Lie og Sjøberg (1981): Fart og Kraft. Universitetet i Oslo.
Shayer og Adey (1981): Towards a Science of Science Teaching. Heinemann Educational Books.
Sjøberg, S. (1979): Naturfag i Søkelyset. Tanum-Norli.
Viennot, L. (1979): Eur. J. Sci. Ed., 1, 205.

**) Adr. Slotsgade 2³, DK 2200, København N.

SVAR PÅ OPPGAVER FRA FORRIGE NUMMER

Oppg. 2.: Frekvensen blir 1.6 Hz

Oppg. 3.: a) Loddlinjen skulle endres 0.085°.

b) Tyngdens akselerasjon øker med 0.09%.

MULTIKRITISKE FENOMENER

Olav Steinsvoll *

Innledning

I noen artikler i FFV for en del år tilbake (1, 2) ble faseoverganger og kritiske fenomener behandlet. Vi skal nedenfor gjenta hovedtrekkene ved disse foretelser og dessuten fortelle litt om utviklingen innen teori og eksperiment innen feltet de siste åra. Innen bestemte trykk- og temperaturområder har stoff eller materie karakteristisk struktur eller fasestand, og vi finner stoffet i fast - flytende - eller gassformig tilstand. Ved overskridelse av grensene for disse områdene endrer stoffets egenskaper seg brått. En oversiktlig måte å framstille et stoffs tilstander på er å tegne et såkalt tilstandsdiagram i et tredimensjonalt koordinatrom der trykk P , temperatur T og tetthet ρ for en avgrenset masse av stoffet avsettes langs aksene. De tillatte kombinasjoner av disse parametrene danner en flate i dette rommet. Denne såkalte tilstandsflaten virker som en «attraktør» for stoffet på den måten at en kan bringe stoffets tilstandspunkt midlertidig ut av flaten, mens stoffets tilstand «suges» tilbake til flaten ved termisk likevekt. Alt etter verdiene for P , T og ρ eksisterer altså stoffet enten i fast, flytende eller gassformig tilstand når likevekt er oppnådd, se figur 1.

Innen spesielle områder på tilstandsflaten kan to faser av stoffet eksistere ved siden av hverandre ved termisk likevekt. Stenger vi av for varmetransport

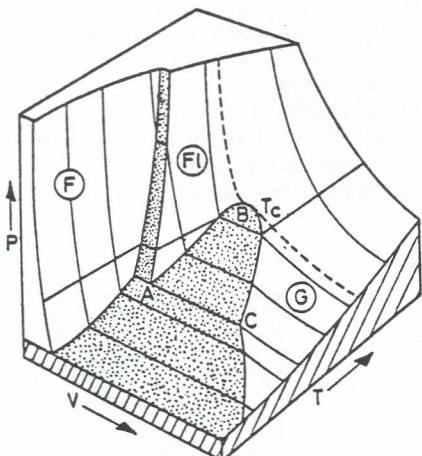


Fig. 1. Tilstandsflate for et stoff som trekker seg sammen når det fryser. (F = fast form, V = væskeform, G = gass) Innfor de prikkete områdene kan to eller flere faser eksistere side om side (koeksistensområder). Den stiplete kurven ved $T = T_c$ er en kritisk isoterm. Langs linja AC kan fast stoff, væske og gass sameksistere og i (P , T)-projeksjonen fås et trippelpunkt.

* Institutt for energiteknikk, Kjeller.

og holder trykket konstant vil et system av vann og is ved 0°C eksistere evig uten at vannfasen «spiser opp» isfasen eller omvendt. Over en bestemt kritisk temperatur T_c kan stoffet bare forekomme som væske eller gass. Ved det såkalte *trippelpunktet* kan alle tre fasene eksistere i likevekt side om side med hverandre. Det er likevel ikke et slikt punkt vi har i tankene når vi skal behandle fenomenet *multikritiske* punkt.

Magnetiske systemer

De magnetiske egenskapene til et jernstykke forandres når vi varmer det opp til over den såkalte Curietemperaturen, T_c . Over denne temperaturen er stoffet paramagnetisk; hvert atom beholdet sitt magnetiske moment, men det finnes ingen ordning av retningene til disse momentene over «lange» avstander, la oss f.eks. si 10.000 \AA . Under T_c er stoffet ferromagnetisk. I alle magnetiske stoffer finnes en mer eller mindre sterkt fortrinnsretning for innretningen av det magnetiske moment i forhold til krystallaksene. De ordnede magnetiske momentene vil legge seg langsmed denne retningen, den aktuelle pilretningen vil likevel være ubestemt så vi får to muligheter. Med et svakt magnetfelt, H , vil vi kunne styre hvilken vei innretningen av atomene skal ta. Dette følter utenfra kommer i tillegg til et indre produsert molekylært felt som retter inn atommagnetene, men det siste følter tegner vi ikke inn.

På samme måte som for tilfellet gass/væske/fast stoff kan en danne seg en tilstandsflate for et magnetisk system i et tredimensjonalt rom med M , H og T som akser. Vi har vist et eksempel i figur 2. Under T_c er stoffet ferromagnetisk, og magnetiseringen har to verdier $M(T)$ og $-M(T)$, alt etter retningen av et svakt ytre felt H . Tilstandsflata øker

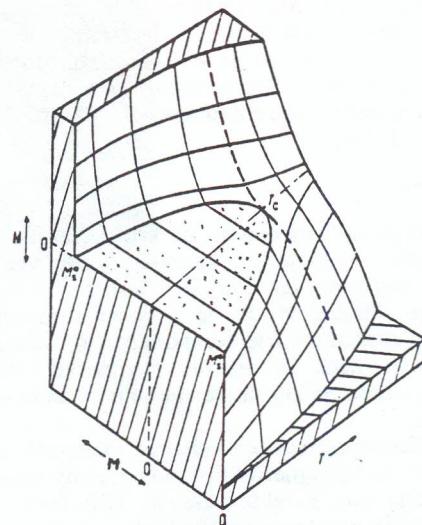


Fig. 2. Tilstandsflate for et ferromagnetisk stoff. Når temperaturen går over T_c blir stoffet paramagnetisk.

(minker) steilt på begge sider av den hesteskoformete «sjøen». Dette betyr egentlig at ved lave temperaturer er det selvordnende indre feltet i stoffet meget kraftig og et ytre felt må være tilsvarende sterkt for å kunne gjøre noen vesentlig forandring på magnetiseringen.

Annerledes blir det ved høyere temperaturer like under T_c . Her er det selvordnende feltet lite og magnetiseringen tilsvarende nedsatt. Et ytre felt vil her ha stor virkning. Størst virkning vil det ha akkurat for den kritiske temperaturen T_c . Det viser seg at den magnetiske susceptibiliteten χ divergerer og den kritiske isotermen har horisontal tangent, dvs.

$$\chi = \left(\frac{\partial M}{\partial H} \right) \rightarrow \infty \text{ når } T \rightarrow T_c$$

Nå er magnetiseringen en første ordens partiell derivert av den termodynamiske tilstandsfunksjonen, mens χ altså blir en andre ordens partiell derivert av samme funksjon. En annen betegnelse er derfor blitt: en andre ordens overgang. Vi kan nå gjøre et snitt gjennom tilstandsflaten for verdien $H = 0$. Over T_c ligger stoffs tilstandspunkter langs T -aksen. Ved lavere temperatur deler tilstandsmulighetene seg i to grener ved T_c , og grenene vokser kontinuerlig fram ved T_c ved ytterligere minskning av temperaturen. Vi kan ta magnetiseringen M som et uttrykk for systemets orden og kalle den for *ordensparameteren*. Ved det absolute nullpunktet fås maksimal orden $M(O)$. Kurven som magnetiseringen øker langs viser seg å bli beskrevet av en potensfunksjon i nærheten av T_c , dvs.

$$M = M_0 \epsilon^\beta, \quad (1)$$

der $\epsilon = (T_c - T)/T_c$ og β er en kritisk eksponent med verdi i området 0.3 til 0.5. Liknende potensfunksjoner kan finnes for variasjonen av andre termodynamiske parametre i nærheten av den kritiske temperaturen, og vi får et sett av kritiske eksponenter α , β , γ , δ , som står i sammenheng med hverandre gjennom såkalte *skaleringslover*. Ett eksempel er følgende likning,

$$\gamma = \beta(\delta-1). \quad (2)$$

De virkelige *tallverdiene* av de kritiske eksponentene avgjøres av systemets karakterendring ved T_c . De bestemmende faktorer har vist seg å være systemets dimensjon d , og ordensparameterens symmetri eller antall frie komponenter n . Dessuten influeres verdiene av om de magnetiske vekselvirkninger bare rekker til nærmeste nabootom eller går lengre.

I vårt ferromagnetiske tilfelle har vi en overgang mellom en paramagnetisk tilstand og en ny magnetisk tilstand som karakteriseres av svak fortrinnsretning (liten anisotropi) og vekselvirkninger bare med nærmeste nabot. Tilstanden har altså tre dimensjoner ($d = 3$) og magnetiseringen har tre frie

komponenter ($n = 3$). Den såkalte *tredimensionale Heisenbergmodellen* dekker derfor vårt tilfelle, og noen av de kritiske eksponentene kan beregnes å bli lik

$$\beta = 0.33, \gamma = 1.33, \delta = 5.$$

Vi ser at disse verdiene tilfredsstiller likning (2) ovenfor.

Dersom sterke krystalleffekter tvinger alle magnetiske momenter til å rette seg inn langs en bestemt aksretning i stoffet, vil den såkalte *Ising-modellen i tre dimensjoner* gi en bedre beskrivelse av stoffet. Da fås et annet karakteristisk sett av kritiske eksponenter som kjennetegner overgangen ved T_c ; f.eks.

$$\beta = \frac{5}{16} = 0.312, \gamma = \frac{5}{4} = 1.25, \delta = 5.$$

Settet tilfredsstiller etter skaleringsloven ovenfor.

Krystalfeltene kan også føre til at de magnetiske momentene ordner seg i parallelle atomplan med en viss frihet for innretning i planet. I så fall beskrives ordningen av XY-modellen.

En ferromagnet under trykk

Settes en ferromagnet under et hydrostatisk trykk p (lik trykk fra alle retninger) bringes de magnetiske atomer litt nærmere hverandre. Vekselvirkningene mellom atomene blir noe større og stoffet motstår temperaturforhøyelser bedre og holder seg ferromagnetisk til en høyere temperatur, dvs. Curietemperaturen T_c er blitt større.

Vi har her et eksempel på et ytre styrbart «felt» som virker inn på systemets oppførsel, men som ikke er tilordnet (konjungert med) magnetiseringen i stoffet, altså ferromagnetens ordensparameter. Ved en gradvis økning av trykket får vi derfor en hel skare tilstandsflater av typen som på figur 2, bare med den forskjell at hesteskodelen av flatene flyttes mot høyere temperatur.

Siden systemets magnetisering eller ordensfor-

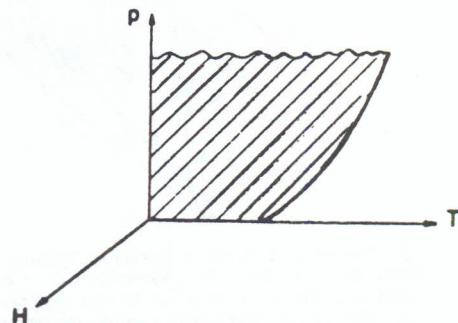


Fig. 3. Tilstandsdiaagram for en ferromagnet under hydrostatisk trykk. Sameksistensflaten er skravert og ender i en kurve som inneholder de nye kritiske punkter som framkommer når T økes for en konstant verdi av trykket p .

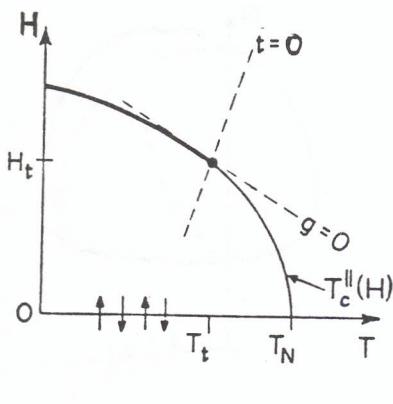


Fig. 4a. Tilstandsdiagram for en sterkt anisotrop antiferromagnet i et felt H_{\parallel} parallelt med magnetiseringsretningen. Ved (H_{\parallel}, T_t) finnes et trikritisk punkt. Langs den kraftig opptrukne delen er overgangen av 1. orden.

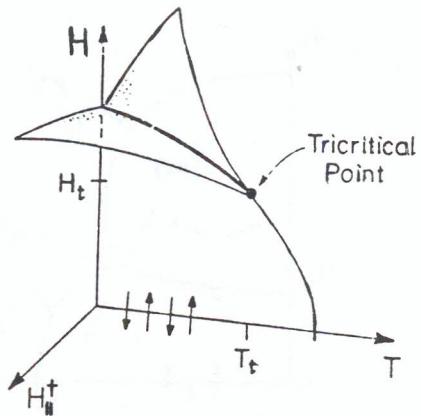


Fig. 4b. Samme diagram som ved siden av, men vi viser nå også et indre, alternerende og ordnende felt h^* .

hold nå styres av tre parametre p , H og T , kan vi avsette parametrenes verdi langs aksene i et nytt tredimensjonalt rom. En tillatt tilstand for systemet utgjøres av et punkt og de mulige tilstandspunkter fyller nå bestemte områder eller «legemer» i rommet. Istedetfor enkelte kritiske punkter slik som T_c får vi her kritiske flater og kurver som skiller de enkelte «tilstandslegemene» fra hverandre, se figur 3. Samlingen av alle de nye Curietemperaturene ved høye trykk ($H = 0$) danner en krum kurve som starter ved T_c . Når denne kurven krysses, har vi en andre ordens overgang. På den andre siden vil vi få en første ordens overgang ved å krysse den skraverte flaten i figuren. Tilstandspunkter på denne flaten tilsvarer at vi befinner oss på en eller annen hesteskoflate i den andre figuren, altså i et koeksistensområde for både M og $(-M)$ tilstander.

Hvis den kritiske overgangen et sted på en slik kurve med kritiske punkt endrer seg brått og får en ny karakter, sier vi at vi har kommet til et *multikritiske punkt*. Det kan f.eks. tenkes at andre ordens overgangen ovenfor skifter til å bli av første orden. Det kan også tenkes at systemets struktur og symmetriforhold fra en bestemt kritisk temperatur av blir en annen på lavtemperatursiden av kurven. Overgangen kan fremdeles være av andre orden, men vi får et nytt sett av kritiske eksponenter som karakteriserer de fysiske forandringene ved krysning av kurven.

Multikritiske punkt i antiferromagneter

Multikritiske punkter opptrer særlig i samband med antiferromagneter. Det er magnetiske stoff der det magnetiske ordningsmønstret består av to eller flere grupper av magnetiske atomer som har innbyrdes motsatt retning av momentene. Disse motsatte magnetiseringer utbalanserer hverandre slik at stoffet ikke er magnetisk utad. For å få fram et slikt mønster kan vi tenke oss et magnetisk felt, H^* , som

alternerer retning fra atomlass til atomlass («*staggered field*»). Et slikt felt kan vi ikke sette opp eksperimentelt, men det vil være dette spesielle feltet som er konjugert til ordenparameteren, den såkalte *undergittermagnetiseringen* i antiferromagneten. Kunne vi øke dette feltet med h^* ville magnetiseringen øke.

Et pålagt ytre magnetisk felt H , er altså ikke konjugert til magnetiseringen i antiferromagneten. I sine virkninger på stoffet kommer likevel H inn på linje med det hydrostatiske trykk p ovenfor, men virkningen på antiferromagneten er motsatt. La oss nemlig ta for oss en enakset, altså meget anisotrop antiferromagnet. Ved temperaturer over Neélpunktet T_N er stoffet paramagnetisk, mens det er antiferromagnetisk når $T < T_N$. Legger vi et ytre felt H over krystallen parallelt med magnetiseringsaksen flyttes Neél-punktet til *lavere* temperaturer, $T_N(H) < T_N(0)$.

Framstiller vi igjen tilstandene i et tredimensjonalt rom, denne gang med H , h^* og T som akser, får vi en kurve i (H, T) planet som er samlingen av alle Neélpunkter som funksjon av H . På den første del av kurven er overgangen av *andre orden* når vi krysser kurven, akkurat som for $T_N(0)$. Når vi så øker magnetfeltet, kommer vi til et punkt (T_t) der overgangen blir av første orden når vi krysser kurven. Overgangen skjer stadig mellom en paramagnetisk tilstand og en antiferromagnetisk tilstand, men for T under T_t får vi plutselig omslag fra paramagnetisme til *endelige verdier* av undergittermagnetiseringen. Avhengig av retningen på en liten økning h^* av det alternerende feltet får vi en «oppned» tilstand eller en «ned-opp» tilstand i stoffet. Av historiske grunner er T_t blitt hetende et *trikritiske punkt*, men det har også en fysisk forklaring ved det at ytterligere to andre ordens kurver til møtes med kurven av Neél-punkter i punkt T_t , se figur 4.

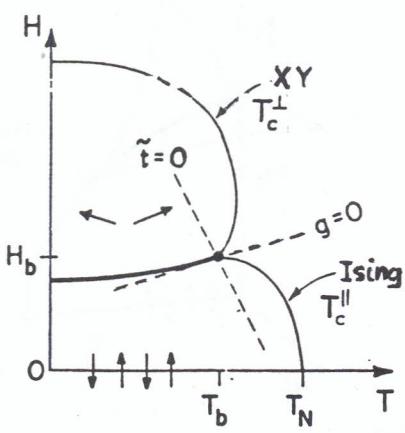


Fig. 5a. Tilstandsdigram for en svakt anisotrop antiferromagnet. Ved (T_b, H_b) finner vi et bikritisk punkt. Langs den kraftig opptrukne kurven er faseovergangen av 1. orden mellom en antiferromagnetisk tilstand og en «spin flop» tilstand.

Bikritiske punkter

La oss anta at vi har et antiferromagnetisk stoff, men nå med *liten anisotropi*, altså svak retningspreferanse for de magnetiske momenter. Legger vi som ovenfor et magnetfelt over krystallen parallelt med den foretrukne magnetiseringsaksen, vil Neél-temperaturen minke som før og overgangen vil være av andre orden mellom en paramagnetisk og en antiferromagnetisk tilstand på lavtemperatursiden. Dette inntreffer inntil vi når punktet (T_b, H_b) . Da vil vi ikke lenger ha en vanlig antiferromagnet på lavtemperatursiden, men en såkalt «spin flop» tilstand.

Overgangen vil fremdeles være av andre orden, men vil karakteriseres av et nytt sett kritiske eksponenter. Punktet (T_b, H_b) kalles for et *bikritisk punkt*.

I «spin flop» tilstanden har det ytre magnetiske feltet fått de antiferromagnetiske momenter til å

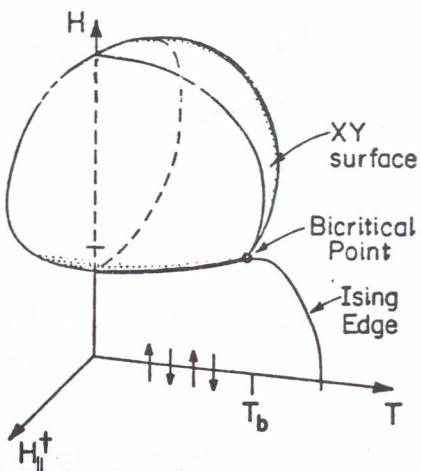


Fig. 5b. Samme diagram som ved siden av, men i tillegg vises også et alternérende ordnende felt h^* . Stoffets fasespunkter fyller «ballongen».

stille seg nesten på tvers av feltet, stoffet er altså fremdeles en antiferromagnet, men med fortrinnsretning for momentene i en eller annen retning i parallelle plan vinkelrett på feltretningen. Ved å ha en liten magnetkomponent parallelt med feltet oppnår nemlig stoffet å komme i laveste energitilstand i et ytre felt. I en tredimensjonal framstilling, etter med H , h^* og T som akser, fyller «spin flop» tilstanden en slags ballong i rommet, se figur 5. Som før fortalt er h^* et faktivt felt som vi ikke kan lage i laboratoriet. Det har likevel vist seg at hvis ikke H -feltet er nøyaktig langs den magnetiske fortrinnsretningen kan en ikke unngå å sette opp et endelig alternérende h^* inne i krystallen. Feltet h^* vil altså være avhengig av hvor skjevt vi legger på feltet H , altså av hvor stor komponenten H_{\perp} er. Istedet for å bruke h^* som akse, kan vi derfor bruke H_{\perp} . En slik framstilling ser ut som på figur 6 der tilstandspunktene fyller ballongformete legemer. Ved kryssing av ballongveggene eller spesielle «sømmer» har en enten førsteordens eller andre ordens overganger med karakteristiske sett av kritiske parametere.

«Cross-over» effekter

På lavtemperatursiden av et bikritisk punkt T_b vil antiferromagneten best kunne beskrives av en Heisenbergmodell ($n = 3$), mens den for høyere temperaturer ($> T_b$) kan beskrives av en Ising modell og for lavere temperaturer ($< T_b$) best kan beskrives av en XY-modell. Virkningen av det bikritiske punktets kritiske egenskaper brer seg noe til begge sider av punktet og vi får såkalte «cross over» effekter for de kritiske eksponentene. Vi skal imidlertid ikke gå nærmere inn på disse fenomenene her.

1. O. Steinsvoll: «Faseoverganger og kritiske fenomener». Fra Fysikkens Verden, 67, 1975.
2. O. Steinsvoll: «Skalering og Wilson-teori». Fra Fysikkens Verden, 42, 1976

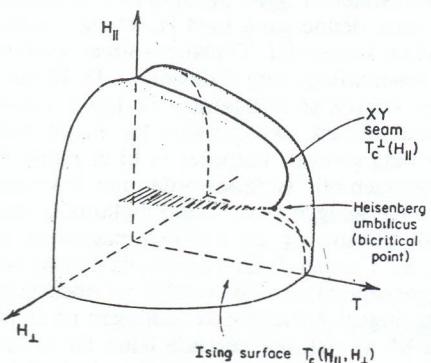


Fig. 6. Tilstandsdigram for en svakt anisotrop antiferromagnet i et ytre felt $H = (H_{\parallel}, H_{\perp})$. XY-sømmen danner en fure på overside av ballongen og ender i et bikritisk punkt (T_b, H_b) . Den skraverte «Hylla» i midten er samlingen av «spin flop» overgangene av 1. orden og tilsvarer den kraftig opptrukne linja i figur 5a.

Nye medlemmer opptatt på styremøtet 30. mars 1984:

Vit.ass. Einar Louis Hinrichsen
Fysisk Institutt
Boks 1048
Blindern
0316 Oslo 3

Studentmedlem:

Håkon Kristian Jenssen
Helmer Hansens gt. 13
9000 Tromsø

INTERNATIONALT MØDE I VENEDIG OM DE NATUVIDENSKABELIGE FAGS PLACERING I FORSKELLIGE LANDES SKOLESTRUKTUR

Poul Thomsen *

I Italien forbereder man en reform af skolestrukturen. I den anledning afholdt det italienske undervisningsministerium en international konference i Venedig 11. december 1983.

Baggrunden for konferencen var, at man er i færd med at forberede en større skolereform, som afløser af den nuværende skolestruktur, som går tilbage til 1923. Foruden deltagerne far alle egne af Italien (især universitetsprofessorer, skoledirektører og repræsentanter for faglige foreninger) havde man inviteret en række udenlandske gæster. Man ville gerne høre om, hvor stor vægt man lagde på matematik og de naturvidenskabelige fag på de forskellige skoletrin.

At man mente det alvorligt med tankerne om en skolereform, blev understreget af, at den italienske undervisningsminister (en kvinde) ikke blot åbnede konferencen, men sad og lyttede til de forskellige indlæg samtlige tre dage, konferencen varede.

Man havde inddadt gæster fra Frankrig, England, Vest Tyskland, Sverige, Holland, USA, Ungarn og Danmark. Hovedtalerne kom fra de fire førstnævnte lande. Man havde bedt dem beskrive skolestrukturen i deres land med specielt henblik på at kommentere den nyeste udvikling inden for undervisningen i matematik og de naturvidenskabelige fag. Alle hovedtalerne medbragte fyldige manuskripter, som blev mangfoldiggjort og uddelt til deltagerne.

Konferencen blev afholdt på den lille ø San Giorgio Maggiore, som eies af den enormt rige Giorgio Cini Foundation, der betalte de fleste af udgifterne ved mødet. De gamle bygninger på øen, i det væsentlige et ca. 800 år gammelt Benediktiner-kloster, er blevet meget smukt restaureret af fonden og bruges nu ofte som rammen om forskellige kulturelle aktiviteter og om udenlandske statsbesøg.

Hver dag blev vi, dvs. de inviterede udenlandske gæster, hentet i motorbåd på vort hotel ved Marcus

Pladsen med egen privat anløbsbro og sejlet til San Giorgio, hvor vi lagde til ved den middelalderlige anløbsplads under store buede stenhvælvinger. Møderne varede fra kl. 9.00-19.00, og der blev talt og diskuteret meget, idet de italienske inlæg foregik med en rivende tungfærdighed ledsaget af impulsive armbevægelser, ofte med en sådan fart, at ordstyreren måtte bede om nedsat talehastighed for at give simultantolkene (engelsk, fransk, italiensk) mulighed for at følge med.

Formålet med konferencen var som ovenfor nævnt at hente inspiration til det forberedende arbejde til en gennemgribende reform af den italienske skolestruktur. Det fremgik klart af mødet, at man i Italien var bekymret over matematikkens og de naturvidenskabelige fags svage stilling i sammenligning med andre vesteuropæiske lande.

Vi udenlandske gæster blev gang på gang opfordret til at komme med indlæg og beskrive, hvorledes vi tilrettelagde undervisningen i vores respektive lande.

Problemet om uddannelse og videreuddannelse af lærere blev også taget op på konferencen. I Italien bliver man ansat som lærer på de forskellige skoletrin på grundlag af en ren faglig uddannelse uden supplerende pædagogisk uddannelse, og efteruddannelse af lærere i form af f.eks. kurser af 1 uges varighed forekommer kun i yderst beskedent omfang. Dette problem blev af flere af de italienske talere fremhævet som et hovedproblem, som måtte løses, hvis en skolereform skulle have chancer for at forbedre forholdene væsentligt i de kommende år. Den italienske undervisningsminister erklarede sig i sin afsluttende tale enig heri og lovede, at hun ville gøre sit bedste for så hurtigt som muligt at få iværksat en pædagogisk uddannelse af kommende lærere og at få gjort noget ved de nuværende læreres videreuddannelse, hvilket blev modtaget med begejstrede klapsalver.

Et af de generelle problemer, som ofte har været diskuteret i de senere år i forskellige lande, er spørgsmålet, om man med fordel ville kunne indføre integrated science (naturorientering) som skolefag i stedet for undervisning i fagene fysik, kemi, biologi og geografi på aldersniveau 14-16 år. En af de tyske gæster, professor Born, erklarede, at alle hidtidige forsøg havde været en eklatant fiasko, og at man nu ikke mere ville spilde tid på denne tanke. Også fra engelsk side blev det meddelt, at man havde haft dårlige resultater fra forsøg med integrated science. Derimod fortalte en af de svenske repræsentanter med begejstring, at man i Sverige nu havde indført integrated science (naturorientering) i de svenska skoler, og at svenska elever, som ikke gik i gymnasiet, om nogle år næppe ville vide, hvad man mener med gloserne fysik, kemi og biologi. Jeg havde imidlertid ikke indtryk af, at ret mange delte talerens optimisme med hensyn til, at undervisningen i integrated science ville blive en succes i Sverige.

Øystein Elgarøy, Øivind Hauge «Det forunderlige univers». Universitetsforlaget. Oslo 1983, 353 s., kr. 195,-.

Livsholdningen til optimisten og pessimisten avsløres som kjent ved møtet med sveitserosten. Optimisten gleder seg over den utsøkte smaken. Pessimisten har kun sans for hullene. Konfrontert med den astronomiske vitenskap vil det livsglade menneske bli fylt av undring og viterebegjær. En trivell person spør etter hva denne kunnskapen skal benyttes til.

To norske astrofysikere, Øivind Hauge og Øystein Elgarøy, har nå gitt ut boka «Det forunderlige univers». Det er fagfolk som vet hva de skriver om. Og resultatet er blitt deretter. For enhver som ønsker å øke sin kunnskap om det verdensrom som omgir oss, representerer dette verket en gledelig begivenhet.

En må bare beklage at økonomiske hensyn forbyr fargebilder. Jeg er også litt forundret over at mangel på en slik bok med norsk tekst er et savn for norske studenter. Faget engelsk har jo sannelig en svært sentral rolle i norsk allmennutdannelse.

Kapitlene om solsystemet må framheves som noe av det beste. Her har man fått med de siste resultatene fra romsondene som passerte Jupiter og Saturn. Men jeg synes nok at når matematikken sløyfes, burde en spandert noen lettstående skisser for å beskrive planetbevegelsene.

Solens fysikk beskrives med et vell av detaljer. Likevel tror jeg at en oppmerksom leser vil undre seg over at koronaen er ytermere enn solens overflate. En forklaring på den fysiske mekanismen som gir denne effekten, hadde vært på sin plass.

Språket er lett og ledig. Oppstyttede språkkonstruksjoner med forbehold i alle mulige bisetninger, er boka fri for. men ordet torus er vel neppe familiært for den gjengse leser. En smultring vekker vel heller de rette assosiasjonene. Men dette er vel en glipp siden kometbaner sjeldent beskrives i sirkel.

Etter min smak kunne beskrivelsen av stjerner, stjerneutvikling og kosmologi gjerne fått en bredere plass. Jeg tror nok også at den øverste grensen for massen til nøytronstjerner er mer usikker enn det en får inntrykk av i denne boka. Det finnes i dag eksakte modeller for nøytronstjerner med masse 4,8 ganger solens masse.

Jeg er heller ikke enig i at det er mørkt om natta bare fordi universet utvider seg. Det lar seg også forklare ved at universet har en endelig alder.

I vår inflasjonstid kan jeg bare gi folk det råd å sette pengene sine i noe av varig verdi. Kjøp derfor boka til Hauge og Elgarøy.

Henning Knutsen

Ø. Elgarøy & Ø. Hauge: «Det forunderlige univers, astronomien på vei mot nye oppdagelser», Universitetsforlaget 1983. 353 s., pris kr. 195,-.

Det er dristig å satse på bokutgivelser innenfor feltet populærvitenskap når temaet er astronomi. Faren for at den potensielle kjøper ikke finner opplysninger om de seneste nye oppdagelser er overhengende, i og med den rivende utvikling i vår viden om naturen utenfor jorda. De amerikanske interplanetariske romsondene bragte en liten revolusjon inn i våre mer eller mindre etablerte teorier om planetene i løpet av 70- og 80-årene. I sommer forlot Pioneer 10 vårt solsystem og om noen få år vil det optiske romteleskopet kretse omkring jorda, og vil sende en strøm av nye data som helt sikkert vil medføre flere nye oppdagelser.

De to norske forfattere har gitt ut en bok på norsk, først og fremst myntet på studenter som gir seg i kast med grunnkurs i astronomi ved Universitetet i Oslo. Andre folk med en gryende interesse innenfor feltet kan dog trygt kjøpe den, idet innholdet for det aller meste ikke forutsetter kunnskaper i fysikk og matematikk utover nivået i den videregående skole.

Boka er meget tradisjonelt oppbygd. En starter med planetene og «jobber» seg utover til det intergalaktiske rom, med et lite kapittel om kosmologi til slutt. Den første del av boka er dog viet en introduksjon til strålingsfysikk, mekanikk og koordinater og tid samt de astronomiske instrumenter som

benyttes. Dette er prisverdig og selvfølgelig helt på sin plass, siden boka skal brukes i universitetssammenheng. Alt i alt kan jeg ikke se at noe vesentlig felt innefor astronomien mangler her. Men jeg savner meget sterkt en referanseliste eller eventuelt en liste for videre lesning og fordypning innenfor de enkelte feltene.

Det er blitt lagt stor vekt på solen, og det er naturlig siden vi her i landet har et soloobservatorium i drift. Når først boka er skrevet av norske forfattere, burde kanskje en oversikt over norske og nordiske forskningsstasjoner innenfor fagfeltet samt utdanningsmuligheter, være på sin plass.

Det er en ergelse å se at forfatterne benytter enheten «ørg» istedenfor «joule»!

Selv språkføringen og måten faget blir presentert på blir noe kjedelig. En blir ikke engasjert av å lese boka, men dette tror jeg er et typisk norsk fenomen. Her har vi mye å lære, spesielt av amerikanerne, om måten å formidle det rent faglig stoff på ut til folk flest, og her er ikke bøker den eneste måten!

Alt i alt en respekfull presentasjon av «det forunderlige univers» til en pris av omrent det halve av prisen på det store (oversatte) standardverket om astronomi som kom ut på norsk for et par år siden, men boka engasjerer kanskje bare halvparten også?

Ivar Brevik

Bernstein, Jeremy: Naturvitenskapen og den moderne verden. Fire profiler. - Gyldendal Norsk Forlag, Oslo, 1982.

Profilene er av fire naturvitenskapsmenn: fysikeren Isaac Rabi, biologen Trofim Lysenko, medisineren Lewis Thomas og, til slutt, science fiction forfatteren Arthur Clarke. Så store grunner for å knytte akkurat disse fire sammen fins vel ikke, la meg først som sist si at jeg hadde størst glede av Rabi-biografien og oversikten over Lewis Thomas' liv. Sidetallsmessig er Rabi-delen størst - mer enn halvparten av boka. Lysenkooversikten gir lite ny informasjon og det er vel også sant for forfatterens noe devote hyldning til Arthur Clarke.

Isaac Isidor Rabis liv er spennende lesning. Rabi har hatt stor betydning for fysikkens utvikling: ikke bare i 30-årene da han og Oppenheimer brakte kvantefysikken fra Europa til Amerika men også senere da han var en av de drivende bak utviklingen av radar ved MIT. 1944 ble han nobelprisvinner i fysikk med stor betydning for kjernefysikkens utvikling. Han var av den oppfatning at presidentembetet burde ha informasjonskanaler direkte til vitenskapen og tok som rådgiver del i mange av de vanlige beslutningene under president Truman.

Rabis liv fra fødselen i Østerrike-Ungarn til ekstremt fattig oppvekst i New York, hardt slit for å få muligheter å studere, studier i Hamburg (Pauli og Stern), utvikling av molekylstråle-metoder i en rekke betydningsfulle forsøk etc., er fengslende gjengitt. Forfatteren lykkes å formidle Rabis enorme bredd i vitenskap, i humanisme og interessefelt, portrettet av fysikeren Rabi blir meget sympatisk.

Avsnittet om Lewis, spesialist blant annet på bakterielle sykdommer og effektiv medisinsk administrator, gjør ikke at vi kommer mennesket Lewis inn på livet. Men mange av hans synspunkter er av generell interesse, f.eks. diskusjonen om hva sykdom egentlig er og om det er moderne menneskets «toleranse-terskel» når det gjelder sykdommer. På 50 år har vi faktisk lært å knekke viktige sykdommer (lungebetennelse, polio osv.) men allikevel synes mennesker å være mer fastslått i angst for sin helse i dag enn den gang. Lewis diskuterer blant annet vår uro for små, kortvarige feil i «systemet», feil som går over uten inngrep utenfra. Denne angsten synes å øke. Man vil finne mange interessante synspunkter på dagens medisin og pasient i dette avsnittet.

Per Torbo understreker i et kort forord at boka er nyttig i dialogen mellom vitenskap og almenhet.

Anders Johnsson

NYHETER

Ole H. Jahren & K. Jostein Knutsen:
FORMELSAMLING I MATEMATIKK

80 sider, kr. 50,-.

K. Jostein Knutsen:
FORMLER OG DATA I FYSIKK

152 sider, kr. 70,-.



TAPIR

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim - NTH.

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dosent E. Osnes, Fysisk Institutt, Universitet i Oslo.

Styre: Dosent R. S. Sigmund, NTH, Trondheim.
Amanuensis Norval Bjørnå, Universitetet i Tromsø.
Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo, Blindern.
Førstelektor K. Myklebost, Universitetet i Bergen.

Selskapets sekretær:

Gerd Jarrett, Fysikkavdelingen,
Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller.

Postgirokonto: 5 88 38 89.

Bankgirokonto: 5102.09.58344.

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Høgskolelektor Knut Jostein Knutsen
Granlivn. 24, Ugle, 7000 Trondheim
Førsteamanuensis Hans Kolbenstvedt
Fysisk institutt, NLHT,
Universitetet i Trondheim, 7055 Dragvoll

Redaksjonssekretær:

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

Redaksjonskomite:

Førsteamanuensis Ove Bratteng, Nordlysobservatoriet, 9000
Tromsø.

Førsteamanuensis Alf Halsteinslid, Fysisk institutt, Universitetet
i Bergen, 5014 Bergen.

Førsteamanuensis Kjell Mork, Fysisk institutt, NLHT, Universitetet
i Trondheim, 7055 Dragvoll.

Informasjonskonsulent Tore Grønningsæter, NAVF/RNF,
Munthesgt. 29, Oslo 2.

Forskningsstipendiat Svein Sjøberg, Skolelaboratoriet, Fysisk
institutt, Universitetet i Oslo, Oslo 3.

Forsker Olav Steinsvoll, Institutt for energiteknikk, Boks 40,
2007 Kjeller

Fra Fysikkens Verden utkommer quartalsvis. Abonnement
kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen.
Årsabonnement kr. 60.00. Årsabonnement for studenter og sko-
lelever kr. 30,-.

Sekretær:
Gudrun Græsmann.

Ekspedisjonens adresse:

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

Postgirokonto: 5 10 47 24

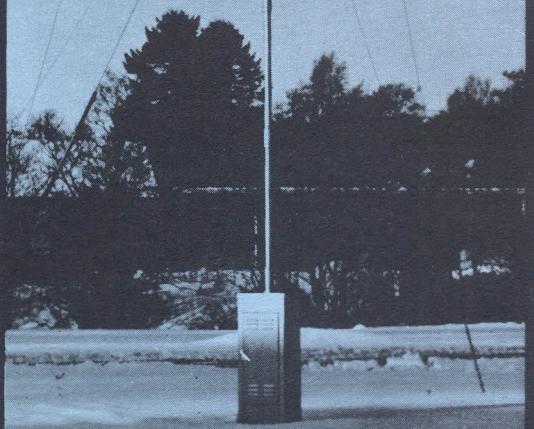
Bankgirokonto: 8601.36.12279

AUTOMATISK MÅLING AV MILJÖDATA

Denne solcelledrevne stasjonen kan måle
alle vanlige data som : vind, temperatur,
lufttrykk, fuktighet, nedbør og stråling.
Temperatur i bakke eller i vann og vannivå
kan også måles.

De målte verdier kan registreres i stasjonen
eller overføres via VHF radio eller kabel til
önsket registreringssted hvor data kan lagres,
vises på skjerm eller på printer.

Stasjonen leveres komplett med opptil 10
meter høy mast og alt nødvendig utstyr.



**AANDERAA
INSTRUMENTS**

DATA COLLECTION SYSTEMS FOR LAND & SEA AND AIR

FANAVIEN 11
P.O. BOX 160
5011 BIRGEN NORWAY
TEL: +47 52 40 30
TELEFAX: 400049