Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

Klaus von Klitzing
Nobelprisen i fysikk 1985.

INNHOLD:

Nobelprisen i fysikk 1985	1
Partikkelfysikk for den vidaregåande skolen	3
Datamaskinprogrammer for matematisk symbolmanipulering	6
«Nordiske grunnstoffer»	9
Litt om fraktalbegrepet	17
Fysikarmøtet 1986	19
Stipend til fysikermøtet	19
Innkalling til årsmøte	20
Nye medlemmer	20
Trondheim Workshop i teoretisk fysikk	20
Fysikklærer-seminar på Alver hotel	20
Rapport fra PANIC 84	21
Developments in Secondary School Science	22
Norsk forening for kunnskapsteknologi	22
Stortinget 1885	23
Den 16. internasj. fysikkolympiade	23
Teoretiske oppgaver for fysikkolympiaden	23
Bøker	16, 24

Nr. 1 - 1986
Årgang 48
ISSN-0015-9247

TRONDHEIM WORKSHOP I TEORETISK FYSIKK 1986

– FASTE STOFFERS FYSIKK –

Det Fysiske Seminar i Trondheim, Fysisk Institutt, UNIT/AVH og Institutt for teoretisk fysikk, UNIT/NTH arrangerer i samarbeid med Norsk Fysisk Selskaps gruppe for generell teoretisk fysikk i tiden

10.–13. juni 1986

den fjerde Trondheim workshop i teoretisk fysikk.

Forelesningene finner sted i Fysikkbygningen, NTH.

PROGRAM

Per Bak, Brookhaven:
Applications of chaos theory in solid state physics.

Wilhelm Brenig, München:
Quantum Hall effects.

Dierk Rainer, Bayreuth:
Conventional and unconventional superconductivity.

Siktemålet er som tidligere å informere forskerstudenter og andre fysikere om utviklingen i teoretisk fysikk, i år med vekt på faststoff-fysikk. Deltakelse er åpen for alle interesserte.

Arrangementskomité: Eivind H. Hauge, P.C. Hemmer, Kjell Mork og Haakon Olsen.

Påmelding innen 20. mai 1986 til P.C. Hemmer, Institutt for teoretisk fysikk, UNIT/NTH, 7034 Trondheim.

Studenter kan søke om beskjedne tilskudd til reise og opphold.

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 1 - 1986

Redaktører: KNUT JOSTEIN KNUTSEN og HANS KOLBENSTVEDT
Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

48. årgang
ISSN-0015-9247

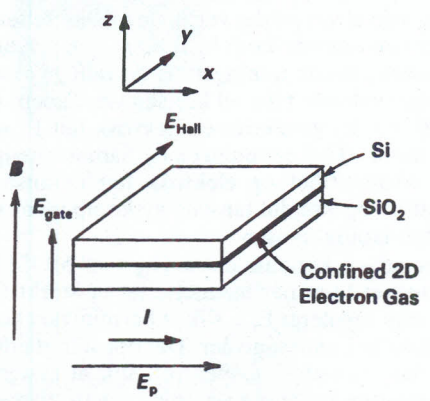
NOBELPRISEN I FYSIKK 1985

Den 16. oktober 1985 annonserte det svenske vitenskapsakademi at årets Nobelpris i fysikk var tildelt Klaus von Klitzing ved Max-Planck instituttet i Stuttgart, for oppdagelsen av den kvantiserte Hall-effekten (QHE). Effekten ble publisert i 1980, av von Klitzing i samarbeid med G. Dorda fra München og M. Pepper fra Cambridge: Phys. Rev. Lett. *45*, 494.

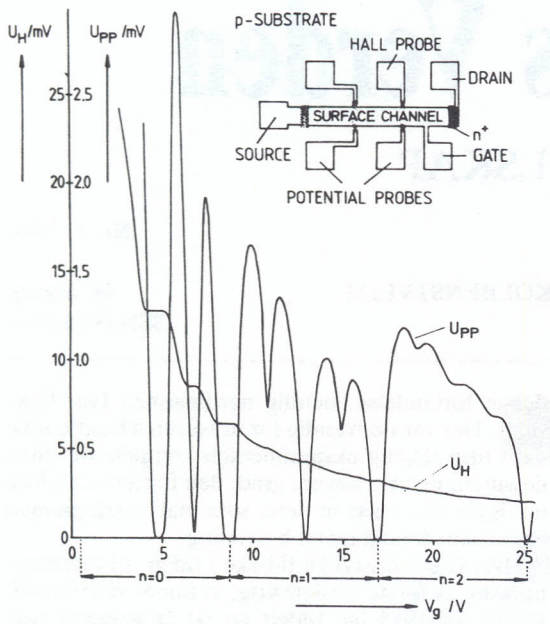
Prisen er en belønning for en forskers særegne utholdenhet og seighet, samt evne til å skjelne det vesentlige fra det uvesentlige, inne i faststoffysikkens mangfoldige jungel. Fra et rent *teknisk* synspunkt er von Klitzings arbeid i og for seg ikke banebrytende. Ifølge Robin Nicholas ved Clarendon-laboratoriet i Oxford var målingene ikke vanskeligere enn at enhver kompetent faststoffysiker kunne ha utført dem. Poenget er imidlertid at ingen annen fant det bryet verdt å få målingene utført (det ligger nær å tenke på en annen Nobelprisvinner i denne forbindelse, nemlig nordmannen Ivar Giæver!). Det var nødvendig for utøveren å besitte ikke bare tilstrekkelig eksperimentell kompetanse, men dessuten, og vel i høyere grad, den fornødne fysiske intuisjon til å innse at dette som man holdt på med var av stor fundamental betydning.

Hvis vi går et stykke tilbake i tiden, til etterdønningene av første verdenskrig, så finner vi at Nobelprisen for 1918 ble tildelt en 60 år gammel tysk vitenskapsmann for et arbeid som kom til å forandre ettertidens fysikk like mye som krigen hadde forandret Europa. Max Planck hadde oppdaget at elektromagnetisk stråling kommer i kvanter, hvor energien til et kvant er proporsjonal med strålingens frekvens. I og med innsatsen til landsmannen von Klitzing (nå 42 år) er Plancks arbeid blitt bragt inn i mikrobrikkens verden.

Von Klitzings arbeid ble utført på en todimensjonal (2D) elektrongass. Hvordan kan man lage seg et slikt system? Noe overraskende, kanskje, er det å høre at man kan lage det i et fast stoff. Ikke i et ordinært fast stoff, riktignok, men i en metalloksid felteffekttransistor (MOSFET). Dette er essensielt et slags «smørbrød», nemlig et tynt isolerende lag omgitt av en halvleder, f.eks. p-type silisium, på den ene side og et metall på den andre side. Et sterkt



Figur 1: Skisse av en MOSFET med tilhørende felter.



Figur 2: Hall-spenningen, U_H, og spenningen parallell med strømmen, U_{pp}, som funksjon av U_g (= U_{gate}). Når U_{pp} er praktisk talt lik null, ligger U_H på et kvantisert platå.

elektrisk felt E_{gate} står vinkelrett på brikken, og tjener til å kontrollere elektrontettheten (se fig. 1). Dersom det isolerende laget er tynt, ca. 100 nm eller mindre, og dersom temperaturen er lav, ca. 1,5K, vil elektronene hovedsakelig bevege seg todimensjonalt, parallelt til halvlederens overflate. Med et sterkt magnetfelt B i z-retning vil elektronsystemet videre kvantiseres i diskrete Landau-nivåer med energi $(n + \frac{1}{2})\hbar\omega_c$, hvor $\hbar\omega_c = eB/m^*c$ og m^* er den effektive elektronmassen.

Von Klitzings arbeidsoppgave var å måle den såkalte Hall-effekten for det 2D elektronsystemet i en MOSFET. Den ordinære Hall-effekten, oppdaget først i 1879, opptrer når det går en strøm I i x-retning vinkelrett på det vertikale magnetfeltet B. Det virker en Lorentz-kraft i y-retning som produserer en strøm i denne retningen. (I de vanlige eksperimentene av denne type vil kretsen være åpen, slik at $I_y = 0$, og det genereres et elektrisk felt E_y som representerer «Hall-spenningen».) Sammenhengen mellom strømtetthet og elektrisk felt er altså av tensornatur, og konduktansens xy-komponent G_{xy} kalles Hall-konduktansen.

Den regulære konduktansen G_{xx} i en MOSFET kan bli meget liten når magnetfeltet er sterkt (ca. 18T) og man regulerer E_{gate} slik at Ferminivået kommer mellom to Landau-nivåer. Det oppstår et effektivt gap $\hbar\omega_c$ i eksitasjonsspektret, slik at systemet blir effektivt en isolator i x-retning. Dette tilsvarer parallellspenning $U_{pp} = 0$ på fig. 2. Hovedpoenget er at undertrykkelsen av U_{pp} følges av kvantiserte platåer av Hall-spenningen U_H, slik fig. 2 viser. Dette tilsvarer kvantisering av konduktansens kryssledd:

$$G_{xy} = je^2/h, \text{ j et helt tall,} \qquad (1)$$

hvor h er Plancks konstant. Vi ser at konduktansen er uavhengig av materialtype og andre eksperimentelle betingelser. Det eneste som inngår i formelen er fundamentale konstanter. Dette var faktisk ganske uventet for von Klitzing selv.

Nyere eksperimenter har forbedret den målte nøyaktighet av forholdet e^2/h, som var 10^{-6}, med én størrelsesorden. QHE medfører altså at vi nå kan måle finstrukturkonstanten «med et amperemeter og et voltmeter». Alternativt, med kjennskap til verdien av e kan vi måle Plancks konstant. I praksis vil QHE sannsynligvis bli benyttet som standard for enheten for resistans, nemlig ohm.

Det er bemerkelsesverdig at QHE er en makroskopisk kvanteeffekt. Den er et eksempel på hvilken viktig rolle bølgefunksjonens *fase* spiller. QHE er således beslektet med den velkjente Aharonov-Bohm effekten. I sistnevnte tilfelle blir det demonstrert hvilken eksperimentell betydning det har for to interfererende elektronbølger at fasene er blitt endret ved at elektronene har gjennomløpt et område med vektor*potensial* forskjellig fra null (den magnetiske felt*styrke* er lik null).

QHE er essensielt er eksperimentell oppdagelse, den ble ikke forutsagt teoretisk. Og det skulle komme nye eksperimentelle oppdagelser, til teoretikernes store forundring. I 1982 ble nemlig eksistensen av den såkalte fraksjonale kvantiserte Hall-effekten annonsert: D.S. Tsui, H. L. Störmer og A. C. Gossard, Phys. Rev. Lett. *48*, 1559. I denne nye effekten blir heltallet j i (1) erstattet av et rasjonalt tall l/m, hvor m kan være et odde heltall, såvel som f.eks. 2/3, 2/5, 2/7. De relevante kvasipartikler i den fraksjonale Hall-effekt (FQHE) har fraksjonsladninger - noe som er av interesse i faststoffysikk såvel som i kvantefeltteori. Faktisk ser det ut som FQHE kan ha utløpere helt ut til kvantekromodynamikken (QCD). Iallfall ble jeg under et besøk ved MIT i Boston i 1984 forbauset over å høre at QCD-eksperten Ken Johnson var interessert i å konstruere en 2D modell for grunntilstanden i QCD ut fra analogi med det 2D elektronsystemet i FQHE.

Referanser:

Y. Imry, Europhysics News, Nov/Dec. 1985.
C. Sutton, New Scientist, 24. Oct. 1985.

Iver Brevik

Partikkelfysikk for den vidaregåande skolen

Kårmund Myklebost *

Dei nye fagplanane i fysikk gir større plass for partikkelfysikk i den vidaregåande skolen enn før. Samtidig har dette fagfeltet endra seg radikalt siste tiåret, ja, til og med dei siste få åra. Lærebøkene i skolen har på ingen måte følgt med, og jamvel om ein del godt informerte lærarar kan gi tilleggsopplysningar, synest det meg at dei tradisjonelle framstillingsformene i alle fall er blitt så avlegse at dei ikkje lenger kan flikkast på.

Stoffet må altså presenterast frå ein heilt ny synsvinkel i lys av alt det nye vi veit om naturen og dei minste byggjesteinane hans. I denne artikkelen vil eg prøve å skissere eit framlegg til kva som kunne gå inn i eit nytt opplegg. Serleg interessert er eg i utgangspunktet for presentasjonen, å gjera elevane kjende med basiskrefter og kraftformidling heller enn å snakke for mykje om eigenskapane til dei enkelte partiklane. I den samanheng ser eg det som pedagogisk klokt å oppfatte dei ulike slags krefter som verkar mellom partiklar som resultat av at partiklane har ladningar av ulike slag.

Teksten som følgjer, blir gjerne for vanskeleg og omfattande for elevane, og han må sjølvsagt tilpassast det stoffet som alt er gjennomgått i fysikkpensumet før partikkelfysikken står for tur. Men eg har den baktanken med artikkelen at eg kanskje og kan formidle ny kunnskap til lærarar som naturleg nok ikkje kan følgje med i alt som skjer av nytt i faget.

Basiskreftene.

Det har lenge vore vanleg å seie at basiskreftene i Naturen er av fire ulike slag. Den sterke krafta verkar mellom kvarkane som byggjer opp dei fleste elementærpartiklane og held dei saman. Ho held likeeins nukleona (proton og nøytron) saman i atomkjernar. Rekkjevidda svarar til nukleonradien, omlag 10^{-15} m, og vi skal setje den relative styrken til 1.

Den elektromagnetiske krafta verkar mellom elektrisk lada partiklar. Ho bind saman kjerne og elektronsky til atom, og ho bind saman atom til molekyl. Rekkjevidda er uendeleg, men fell med kvadratet av avstanden frå kraftkjelda. Relativ styrke set vi til $\sim 10^{-4}$.

Den svake krafta merkar vi mest ved at ho fører til β-sundfall av visse atomkjernar. Rekkjevidda er svært kort, omlag 10^{-18} m, og den relative styrken er $\sim 10^{-9}$.

Gravitasjonskrafta verkar mellom alle partiklar, men er så svak at vi ikkje tar henne med når vi studerer partiklar som vekselverkar med kvarandre; den relative styrken er av storleiksorden 10^{-40}.

Ladning

Krefter verkar mellom partiklar med ladning. Vi utvidar da omgrepet ladning til ikkje berre å gjelde elektrisk ladning Q_E. Den sterke krafta verkar mellom partiklar med sterk ladning og den svake mellom partiklar med svak ladning. Kreftene verkar mellom lada partiklar ved at dei utvekslar spesielle partiklar som formidlar krafta. T.d. verkar den elektromagnestiske krafta ved at elektrisk lada partiklar utvekslar foton.

Av sterk ladning finst det to ulike slag, vi skal kalle dei Q_{C1} og Q_{C2}. I litteraturen er det vanleg å kalle sterk ladning for fargeladning, eit namn skal barnet ha. Svak ladning Q_W er av berre eitt slag likeins elektrisk ladning. Den elektriske ladninga skal vi heretter måle i einingar av elementærladninga $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

Kvarkar og limpartiklar

Dei fleste elementærpartiklane er bygde opp av kvarkar. Kvarkane har fargeladning og kjenner såleis den sterke krafta, vi seier at dei vekselverkar sterkt. Kvarkformidlarane kallar vi limpartiklar (gluon). Nokre av eigenskapane til kvarkar og limpartiklar er viste i tabell 1.

Tabell 1

	Q_E	B	s
kvark	2/3,-1/3	1/3	1/2
limpartikkel	0	0	1

Her står s for eigenspinn og B for baryontal. Atommassetalet A til ein kjerne er lik totalt baryontal til nukleona som byggjer han opp.

Q_E, Q_{C1}, Q_{C2} og B er alle eksempel på absolutt konserverte kvantetal. Summen av kvar av desse kvantetala er alltid konstant, kva krefter som enn verkar. Men det finst andre kvantetal som er konserverte berre når visse spesifiserte krefter verkar, t.d. berre den sterke.

Av kvarkar finst det 18 ulike slag. Kvar av dei har ein verdi ulik null for eitt av 6 kvantetal som alle går under namn av smak. T.d. har ein oppkvark u verdien 1 for oppsmaken og O for alle andre smakar. Vi får dermed delt kvarkane inn i 6 ulike grupper med symbol u, d, c, s, t og b, og i kvar gruppe finn vi tre kvarkar. Alle smakstala er konserverte kvar for seg når den sterke eller den elektromagnetiske krafta verkar.

u-, c- og t-kvarkane har $Q_E = 2/3$, medan d, s og b har $Q_E = -1/3$. Deler vi kvarkane inn etter fargeladningar, får vi tre grupperingar som kvar inneheld ein kvark av kvart slag. Vi omtalar desse grupperingane som raude, grønne og blå kvarkar (tilfeldige

*) Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen.

namn), og dei har verdiar av Q_C-ane som vist i tabell 2. Det finst altså ein «raud», ein «grønn» og ein «blå» u-kvark og tilsvarande for d, c, s, t og b. Legg merke til at om ein kombinerer ein raud, ein grønn og ein blå kvark av tilfeldige smakar, vil kombinasjonen få verdi null for begge typar fargeladning.

Tabell 2

kvark	Q_{C1}	Q_{C2}
r	1/2	0
g	-1/2	1/2
b	0	-1/2

Ein kvark med gitt smak og farge kan godt gå over i ein kvark av annan farge når sterke eller elektromagnetiske krefter verkar, berre han held på smaken sin. Limpartiklane som formidlar den sterke krafta, kan nemleg ha fargeladning ulik null. 6 limpartiklar med fargeladning overfører sterk kraft mellom alle kombinasjonar av kvarkar av ulik farge, medan to fargeladningsnøytrale limpartiklar overfører sterk kraft mellom kvarkar av same farge. Tabell 3 viser kva for limpartikkel som overfører sterk kraft mellom kva for kvarkar. Sender t.d. ein r-kvark ut limpartikkelen G_{rg}, går han i samsvar med tabellen over i ein g-kvark; sender han ut G_1 eller G_2, blir han verande ein r-kvark.

Tabell 3

kvark	r	g	b
r	G_1, G_2	G_{rg}	G_{rb}
g	G_{gr}	G_1, G_2	G_{gb}
b	G_{br}	G_{bg}	G_1, G_2

Alle partiklar, kvarkar medrekna, har antipartiklar. Ein antipartikkel har slike eigenskapar at om vi fører han saman med tilsvarande partikkel, får kombinasjonen av dei to eigenskapar som rein energi. Alle additive kvantetal må da vera motsette, t.d. Q_E, Q_{C1}, Q_{C2}, Q_W, B, smak etc., medan dei får same masse og eigenspinn.

Tar vi som eksempel ein raud u-kvark, u_r, vil antipartikkelen $\bar{u}_r$ ha $Q_E = -2/3$, $Q_{C1} = -1/2$, $Q_{C2} = 0$, $B = 1/3$, u-smak = -1, medan s = 1/2 og massen blir som for u-kvarken.

Ingen har sett frie kvarkar, og alle observerte elementærpartiklar er nøytrale i begge fargeladningane. Vi har to måtar å laga fargenøytrale kombinasjonar på av kvarkar.

Set vi saman tre kvarkar av kvar si farge (men med vilkårleg smak), får vi fargenøytrale partiklar med baryontal B = 1. Desse partiklane kallar vi baryon, og lettast blant desse er nukleona. Protonet har kvarkkombinasjonen p = (uud) og nøytronet n = (ddu) der kvarkane som går inn, har kvar si farge.

Den andre måten å kombinere kvarkar på til fargenøytrale partiklar er å setje saman ein kvark med ein antikvark av tilsvarande «antifarge». Da får vi partiklar med baryontal B = 0. Desse partiklane kallar vi meson. Dei lettaste mesona er $\pi^+ = (u\bar{d})$, $\pi^- = (d\bar{u})$ og $\pi^0 = (u\bar{u}$ eller $d\bar{d})$ på omlag 1/7 av nukleonmassen.

Alle baryon får halvtals eigenspinn ettersom dei inneheld tre kvarkar med s = 1/2, dei blir altså fermion. Derimot får mesona heiltals eigenspinn fordi dei inneheld kvark og antikvark som begge har s = 1/2, dei blir såleis boson. Pauliprinsippet frå kvantemekanikken fortel oss at ei samling av identiske fermion, her baryon, har svært ulike statistiske eigenskapar frå ei samling av identiske boson, her meson, og dette får konsekvensar t.d. når vi lagar partikkelstrålar.

Tre kvarkar kan berre kombinere til $Q_E = 2, 1, 0, -1$, medan kvark-antikvark kombinerer til $Q_E = 1, 0, -1$. Elementærladninga er såleis stadig den minste observerte talverdien av elektrisk ladning enda om enkeltkvarkane har brøkdels elementærladning.

Ettersom nukleona er bygde opp av u- og d-kvarkar, er det desse kvarkane vi finn i naturen. Dei er da og dei lettaste kvarkane, rundt 300 MeV/c^2 (1/3 nukleonmasse). s-kvarken er litt tyngre, omlag 500 MeV/c^2, men skal vi laga ein s-kvark i ein nukleon-kollisjon, må vi og laga ein $\bar{s}$-kvark for å konservere s-smaken. Vi treng såleis ein god del energi, t.d. omlag 2 GeV kinetisk energi i ein pp-kollisjon, om vi skal produsere partiklar som inneheld ein s-kvark.

Dei andre kvarkane er enda tyngre, omlag 1500 MeV/c^2 for c-kvarken og 5000 MeV/c^2 for b-kvarken. Partiklar med desse kvarkane blei da heller ikkje oppdaga før 70-åra gjekk mot slutten. t-kvarken har vi hittil berre hint om i eit eksperiment frå juni 1984. Vi veit elles at massen må vera høgare enn 20 GeV/c^2.

Svake vekselverknader

Den svake ladninga Q_W som gjer at den svake krafta verkar, har samanheng med eigenspinntilstanden for partikkelen som vekselverkar svakt. Er komponenten av eigenspinnet langs rørsleretninga positiv, skal vi kalle partikkelen høgrevridd, er denne komponenten negativ, seier vi at partikkelen er venstrevridd. Berre venstrevridde partiklar og høgrevridde antipartiklar har $Q_W \neq 0$. Ettersom ein partikkel kan få snudd eigenspinnskomponenten langs rørsleretninga i sterke eller elektromagnetiske vekselverknader, ser vi at total Q_W ikkje alltid er konservert, medan Q_E og Q_C-ane er absolutt konserverte storleikar.

Ei gruppe partiklar er ikkje bygde opp av kvarkar og går under namn av lepton. Ettersom dei ikkje inneheld fargeladningar, kjenner dei ikkje den sterke krafta. Hit høyrer elektronet e^- og elektronnøytrinoet ν_e. Elektronet er lettast av alle elektrisk lada partiklar, omlag 1/2000 av nukleonmassen. Nøytrinoet er elektrisk nøytralt og kjenner heller

ikkje den elektromagnetiske krafta. Det vekselverkar derimot svakt, for det er alltid venstrevridd. Men den svake krafta er så svak at eit nøytrino glatt kan gå tvers gjennom jorda utan å treffe noko som helst. Kvilemassen er null eller i høgda nokre titals eV/c^2. Både e^- og ν_e har s=1/2, dei er fermion. Dei har dessutan tilordna eit kvantetal, elektronleptontalet L_e, og total L_e er konservert i alle typar vekselverknader.

Det finst to andre sett av lepton, μ^- og ν_μ er det eine, τ^- og ν_τ er det andre. Dei har kvar sitt konserverte kvantetal, myonleptontalet L_μ og tauonleptontalet L_τ. μ^- er 200 gonger tyngre enn e^-, τ^- er 3500 gonger tyngre, medan ν_μ og ν_τ truleg har masse som ν_e. ν_τ er forresten ikkje funnen eksperimentelt enno. Korkje μ^- eller τ^- eksisterer naturleg, dei må lagast i kollisjonar eller sundfall av partiklar.

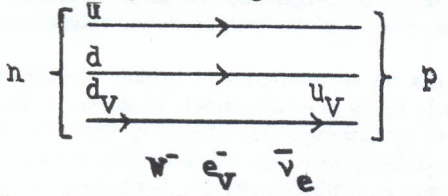
Vi grupperer no lepton og kvarkar i dublettane

(ν_e, e^-_V), $(u_V, d_V)_r$, $(u_V, d_V)_g$, $(u_V, d_V)_b$

$(e^+_H, \bar{\nu}_e)$, $(\bar{d}_H, \bar{u}_H)_r$, $(\bar{d}_H, \bar{u}_H)_g$, $(\bar{d}_H, \bar{u}_H)_b$

der V står for venstrevridd, H for høgrevridd og r, g, b for farge. Vi gir $Q_W = 1/2$ til første medlem og $Q_W = -1/2$ til andre medlem av kvar dublett. Tilsvarande dublettar får vi i (ν_μ, μ^-_V), $(c_V, s_V)_r$ etc., og det vi seier om første sett av dublettar, gjeld like godt for dei to andre. Alle andre kvarkar og lepton tilordnar vi $Q_W = 0$, tilsvarande for limpartiklane og fotonet.

Dei partiklane som overfører den svake krafta, kallar vi W^+, W^0 og W^- med $Q_E = Q_W = 1, 0, -1$ respektive. T.d. vil e^- ved å sende ut ein W^- gå over i $\bar{\nu}_e$, tilsvarande vil ein u_V ved å sende ut den fargenøytrale W^+ gå over i ein d_V av same farge. W^0 overfører den svake krafta mellom partiklar med same svake ladning og er såleis analog til γ og limpartiklane G_1 og G_2. Vi ser at smaken som er konservert i sterke og elektromagnetiske vekselverknader, ikkje nødvendigvis er konservert i svake.



Som eksempel på ein svak prosess tar vi

$n \rightarrow p\, e^-\, \bar{\nu}_e$

Som figuren viser, går ein d_V over i ein u_V ved å sende ut ein W^-. Dermed går nøytronet over i eit proton. W^- gir så e^-_V og ν_e.

Elektrosvak kraft

Det er utvikla ein teori som byggjer saman elektromagnetiske og svake vekselverknader. Dei to kreftene er to uttrykksformer for ei og same «elektrosvake» kraft og berre tilsynelatande to ulike krefter. Denne elektrosvake krafta blir sett opp av to ulike ladningar, Q_E og Q_W. Men kraftformidlarane endrar desse to ladningane i takt, så det trengst ein formidlar, W^-, til å auke dei ei eining, og det trengst ein, W^+, til å minke dei ei eining. Ettersom vi har to ladningar, treng vi to nøytrale formidlarar, og forutan fotonet γ har vi ein formidlar vi kallar Z°.

Fotonet har masse null fordi Q_E er absolutt konservert. Tilsvarande har limpartiklane masse null fordi Q_C-ane er absolutt konserverte. Men ettersom Q_W ikkje er absolutt konservert, fortel den elektrosvake teorien oss at W-ane og Z° får massar opp mot 100 nukleonmassar. Rundt årsskiftet 1982/83 blei desse tunge partiklane funne eksperimentelt på det felleseuropeiske forskningssenteret i Geneve. Desse funna blir rekna som det avgjerande eksperimentelle provet for den elektrosvake teorien, og oppdaginga førde til Nobelprisen i fysikk for 1984.

Den korte rekkjevidda for den svake krafta, 10^{-18} m, skriv seg frå at formidlarane er så tunge. Men kunne vi gjera eksperiment ved massesenterenergiar langt over kvilemasseenergien for desse formidlarane, ville dei effektivt ha null masse og kunna overførast like lett som fotonet. Dermed ville vi ikkje sjå forskjell på svak og elektromagnetisk kraft, like lite som vi ser kva for limpartikkel som overfører den sterke krafta. For kvilemasseenergiar ned mot kvilemasseenergien til W-ane og Z^0 vil desse partiklane bli vanskelegare å overføre, og den svake delen av felleskrafta skil seg ut frå den elektromagnetiske delen. Vi gjer vanlegvis eksperiment ved svært mykje lågare energiar enn dette.

Når vi har greidd å kombinere den elektromagnetiske og den svake krafta til den felles elektrosvake krafta, reiser spørsmålet seg om den sterke krafta også høyrer til same familien. Teoriane om denne store sameininga krev at kvarkar og lepton kan førast over i kvarandre, og ein konsekvens er at protonet har endeleg levetid, det kan falle sundt. Ulike teoriar gir ulike verdiar for denne levetida, men stort sett ligg estimata i nærleiken av dei 10^{32} år som er den eksperimentelle nedre grensa. Derfor er mange eksperiment i gang og leitar etter sundfall av proton. Hittil er ingen truverdige kandidatar presenterte, men jakta held fram.

Sluttmerknad

Eg ser på stoffet i denne artikkelen som eit slags minimum for partikkelfysikk på naturfaglina i den vidaregåande skolen. I tillegg kan det bli aktuelt å ta opp eigenskapar til einskilde partiklar, massar, levetider, eigenspinn etc. Ein del stoff om eksperimentelle metoder kunne og koma inn, men bør nok samordnast med kapitla om atom- og kjernefysikk. Rekkjefølgja for desse tre emna kan og diskuterast, i alle fall kunne kjernefysikken med fordel ta utgangspunkt i kvarkteori. Kort sagt synest det meg at fysikkfaget i den vidaregåande skolen ropar på nye lærebøker.

DATAMASKINPROGRAMMER FOR MATEMATISK SYMBOL-MANIPULERING - ANVENDELSER I FYSIKKEN

*Arne Hornæs *)*

INNLEDNING

Allerede i 1950-årene ble EDB så smått tatt i bruk ved norske fysikkmiljøer, se ref 1, og frem til i dag har bruken av EDB i fysikk utviklet seg slik at datamaskinprogrammering hører til en fysikers hverdag. Datamaskinen har blitt et viktig hjelpemiddel når det gjelder etterbehandling av store mengder måledata. Foruten statistisk analyse skal ofte resultatene renskes for bakgrunnseffekter. Et nyttig hjelpemiddel i denne sammenhengen er Monte Carlo programmer. Simuleringsteknikk er også mye brukt til å teste ut og å utvikle apparatur. Dessuten er datamaskiner mye brukt til å styre og å kontrollere eksperimentelle oppsett under datataging.

Denne formen for EDB-bruk som vi hittil har snakket om, har vært begrenset til behandling av numeriske verdier, og datateknikk har derfor vært mest nyttet innen eksperimentell fysikk. I teoretisk fysikk derimot jobbes det mye med formalisme og symbolmanipulering. Ofte er formler og uttrykk så store og kompliserte at det er lett for å gjøre feil, og da er det svært ønskelig å kunne ha programmer som tar seg av denne symbolmanipuleringen.

Siden matematisk analyse og algebra har formelle metoder og regler som lett kan la seg implementere på en datamaskin er det ingen ting i veien for å lage matematiske symbolmanipuleringsprogrammer. Og slike programmer har blitt utviklet, se ref. 2. De første slike programmer ble konstruert for å løse problemer innen spesielle felter i teoretisk fysikk. Som eksempel kan nevnes programmet SCOONSHIP som ble laget for å ta seg av problemer innen teoretisk høyenergifysikk. Imidlertid har de fleste av disse systemene ikke fått den helt store utbredelse blant potensielle brukere. Det skyldes ofte at de er vanskelige å bruke, og at det tar for lang tid å lære seg å mestre dem.

Imidlertid har det blitt utviklet programmer som har en mer generell matematisk anvendelse. Slike algebrasystemer kan foruten å utføre de fire grunnleggende aritmetiske operasjoner, også utføre et bredt spekter av andre matematiske operasjoner slik som integrasjon og derivasjon for kort å ha nevnt noen. Videre er disse programmene skrevet i høynivå språk som ligner ordinære matematiske uttrykk slik at det er meget lett å lære seg til å bruke disse systemene. Den generelle anvendelsen til disse symbolmanipuleringsprogrammene gjør dem lette å tilpasse en hvilken som helst gren innen teoretisk fysikk.

Av de mest kjente programmene for generell matematisk anvendelse kan vi nevne MACSYMA, SMP og REDUCE, ref 2. Av disse språkene igjen, er det MACSYMA som er det mest omfattende system, og siden det så smått begynner å få utbredelse i norske fysikkmiljøer skal vi her forsøke å gi et overblikk over hvorledes MACSYMA kan brukes til å løse fysikkproblemer.

SYMBOLMANIPULERINGSPROGRAMMET MACSYMA

MACSYMA (MAC's Symbolic Manipulation program) ble utviklet ved Massachusetts Institute of Technology (MIT) over en 15-års periode og ble kommersialisert i 1982, se ref 3. MACSYMA er et gedigent programmeringssystem på rundt 300000 linjer LISP-kode, og utfører matematikk på et meget høyt nivå. Programmet kan kjøres på mange mini - og store datamaskiner med LISP-interpreter. Vi kan nevne at orginalversjonen av MACSYMA går på en DEC PDP-10. På Vax 11/750 og Vax 11/780 kjøres programmet både under UNIX og VMS-operativsystem.

MACSYMA er interaktivt. Det vil si at etter man har gitt en instruksjon vil denne kommandoen øyeblikkelig bli utført, og resultatet vil bli skrevet ut på terminalen i form av en kvitteringslinje. Svaret vil på terminalskjermen opptre 2-dimensjonalt slik at matematiske formler blir meget lett å lese. Både kommando og svar-linjen er nummerert som henholdsvis «(Ci)» og «(Di)», hvor i er et heltall som blir øket med 1 for hver ny kommando. Vi skal senere se at vi kan nytte disse numrene når vi skal bruke tidligere resultater i nye uttrykk. Vi kan også i en kommandolinje bruke prosent-tegnet, «%», når vi skal referere til foregående svar-linje. Vi skal senere også se eksempler på bruk av denne referanse-formen.

La oss nå se hvorledes vi bruker MACSYMA systemet ved å gi et eksempel. Vi ønsker å tilegne verdi til en variabel. Det vil si at verdien ikke nødvendigvis behøver å være et talluttrykk, den kan like godt være et symbolsk uttrykk. Syntaksen for tildeling av verdi til en variabel er

<variabel> : <verdi>

Altså, tildeling av verdi skjer med kolon, «:». For å markere at både variabel og verdi kan være tilfeldige valgte har vi benyttet spisse paranteser. Når vi gir en kommando skal denne alltid terminere med et semi-kolon, «;». I fig. 1 har vi i (C1) tilegnet variabelen A verdien 3. Programmet kvitterer for utført jobb ved å gi verdien i (D1). I (C2) redefinerer vi A ved å gi den en ny verdi, nemlig c x^2. I (D2) har vi så kvitteringen for denne redefinisjonen.

*) Forsvarets Forskningsinstitutt. Kjeller.

```
(C1) a:3;
(D1)                          3

(C2) a:c*x^2;
                                2
(D2)                         C X
```

Fig. 1 Eksempel på tildeling av verdi til en variabel.

I MACSYMA er det meget enkelt å definere sine egne funksjoner. Syntaksen for denne definisjonen er

<f(x1,x2,...,xn)> := <funksjonskropp>

Vi ser at funksjonen blir definert ved hjelp av «:=». Igjen har vi brukt spisse paranteser for å markere at funksjonsnavn og funksjonskropper tilfeldige valgte uttrykk. I fig. 2 har vi definert funksjonen F(X) til å være c x^2. Ved å gi kommandoen F(2) får vi regnet ut funksjonsverdien for x=2, gitt i (D4). Ved å plassere en apostrof, «'» foran F(2), se (C5), kan vi få undertrykt beregningen av funksjonsverdien for x=2.

```
(C3) f(x):=c*x^2;
                                  2
(D3)                    F(X) := C X

(C4) f(2);
(D4)                          4 C

(C5) 'f(2);
(D5)                          F(2)
```

Fig. 2 Eksempel på definisjon av en funksjon.

En bruker kan også lage sine egne rutiner eller programmer i MACSYMA.

Disse har samme syntaks som den til funksjonene, slik at begrepet funksjon i MACSYMA-sammenheng omfatter litt mer enn kun matematiske funksjoner. Ja, selv grunnfunksjonene i MACSYMA har denne oppbyggingen. Dette kan sees i fig. 3. Ønsker vi å derivere funksjonen X^3 med hensyn på X må vi benytte funksjonen DIFF, se (C6).

```
(C6) diff(x^3,x);
                                2
(D6)                         3 X

(C7) 'diff(%,x);
                          d     2
(D7)                      -- (3 X )
                          dX
```

Fig. 3 MACSYMA systemets derivasjonsoperator.

MACSYMA er også i stand til å definere ligninger. Syntaksen for en likning er

<venstre side> = <høyre side>

Vi ser at likningen blir definert ved hjelp av «=». De spisse parantesene markerer at venstre og høyre side ser tilfeldige valgte uttrykk. I fig. 4 har vi laget et sett av to likninger. Ved hjelp av funksjonen SOLVE har vi så funnet hvilke sett av x og y som tilfredstiller likningssystemet.

```
(C8) x+1=y^2;
                                  2
(D8)                       X + 1 = Y

(C9) x-1=2*y+1;
(D9)                     X - 1 = 2 Y + 1

(C10) solve([d8,d9],[x,y]);
(D10)          [[X = 0, Y = - 1],
                 [X = 8, Y = 3]]
```

Fig. 4 Eksempel på løsning av likninger.

Leseren skulle nå ha tilegnet seg nok kunnskap om MACSYMAs virkemåte til at han langt på vei kan bruke programmet. I tillegg har de grunnleggende kommandoer en meget logisk og instruktiv form slik at dette også fører til at programmet er lett å bruke. Men for at leseren skal kunne få et innblikk i hvor matnyttig systemet er, skal vi si litt mer om hva systemet har av matematiske kunnskaper enn de smakebiter som allerede har blitt gitt.

MACSYMA er i stand til å forenkle uttrykk ved hjelp av sine kunnskaper om ekspansjon, faktorisering og kontraksjon av uttrykk. Vi har sett at MACSYMA er i stand til å utføre derivasjon, og systemet kan også utføre både bestemt og ubestemt integrasjon. I tillegg til å kunne løse likninger finnes det også muligheter til å få løst opp til 2. ordens lineære differensiallikninger. Systemet har også kunnskaper om tensor-manipulering, matrise operasjoner, vektoregning hvor også differensialoperatorer kan anvendes, laplace transformer og Poisson og Fourierrekker. Vi skal nøye oss med å nevne mer om systemets matematikk-kunnskaper, men i stedet nevne at systemet innholder en grafisk pakke slik at man på en enkel måte kan få plottet både 2 og 3 dimensjonale funksjoner.

ANVENDELSER AV MACSYMA I FYSIKKEN

Som tilsvarende systemer har MACSYMA sin styrke i at det raskt kan utføre matematiske operasjoner på lange kompliserte uttrykk helt feilfritt. Skulle disse operasjonene blitt foretatt for hånd ville det ha blitt brukt mer tid bare til å sjekke at utregningene var feilfrie. Det mest klassiske eksempel på tidsbesparelse på å bruke matematiske symbolmani-

pulasjonsystemer kontra det å regne for hånd, er å hente fra celest mekanikk. I 1847 startet den franske astronom Charles Delaunay å regne ut månens posisjon som funksjon av tiden. Selv om dette essensielt er anvendelse av Newtons teori for universell gravitasjon er det mange faktorer som kompliserer en slik utregning. Dette understrekes da også av det faktum at Delaunay brukte 20 år på utregningen av denne funksjonen. Først i 1970 ble denne kompliserte funksjonen regnet ut på nytt av tre forskere ved Boeing Scientific Research Laboratories, Seattle. De brukte et matematisk symbolmanipuleringsprogram og utregningstiden var nå redusert til 20 timer maskintid. De fant også at Delaunay i sine utregninger bare hadde tre ubetydelige feil.

Det er ikke alle som har Delaunays tålmodighet når det gjelder utregninger. Generell relativitetsteori byr på mange lange utregninger og for å spare folk for dette arbeidet har MACSYMA en egen programpakke for utregninger innen feltet. Relativistisk feltteori er et annet område der MACSYMA har vært til hjelp. Men på dette området finnes det ikke noen felles ressurs. Det er heller slik at brukerne har bygget opp sine egne feltteoripakker fra de grunnleggende MACSYMA funksjonene.

Også innen tradisjonell databehandling i fysikk kan MACSYMA være til nytte. Karakteristisk for programmene som her benyttes, er at de er skrevet i et språk beregnet på numeriske utregninger. Språket som benyttes er hovedsakelig FORTRAN. Ofte benyttes det mange formler i disse programmene. Slike formler er som regel utledet av mere fundamentale uttrykk, og til denne utviklingen er MACSYMA et utmerket hjelpemiddel. Siden resultatet av en MACSYMA instruksjon blir presentert 2-dimensjonalt på utskriftsenheten er det meget lett å sjekke om formlene er riktige. Når så det endelige resultat er oppnådd har MACSYMA en egen kommando som skriver uttrykket i FORTRAN kode. Å sikre seg feilfri koding av lange kompliserte formler er tidsbesparende.

Ved FFI har MACSYMA blitt benyttet innen fysikkemner som elektro-optikk og mekanikk. Innen elektro-optikk ble MACSYMA benyttet til å regne ut forsterkningsspektra for høytrykkslasere, se ref 4. Fordelen med å benytte MACSYMA er at de matematiske uttrykk som benyttes kan bli skrevet i en naturlig og direkte sekvens omtrent slik de ville ha forekommet i en lærebok i emnet. Vi starter med grunnformelen for laserforsterkningen som skyldes en vilkårlig vibrasjons/rotasjons overgang, og deretter skriver vi uttrykkene for hver av parametrene som forekommer i grunnformelen. Vi utarbeider deretter så langt som mulig et generelt uttrykk for laserforsterkningen. Så er tiden inne for å bestemme seg for hvilken type gassmolekyl vi ønsker å studere og følgelig gi numeriske verdier til alle aktuelle parametre. Laserforsterkningsspektret kan så beregnes. Ved denne form for programmering kan logiske programeringsfeil lett oppdages.

I mekanikk har vi benyttet MACSYMA til å utarbeide en egen programpakke til å regne ut Poissonparanteser i klassisk mekanikk, se ref. 5. Programpakken inneholder også muligheter til å få skrevet ut Poissonsparantesen mellom to funksjoner x og y på den symbolske formen [x, y]. På symbolsk form har vi også mulighet til å få redusert Poissonparanteser mellom kompliserte utrrykk til en sum av Poissonparanteser av mer fundamentale funksjoner. For eksempel vil [xy, z] bli redusert til x [y,z] + [x,z] y.

Vi skal nøye oss med disse smakebitene om hvorledes MACSYMA kan være til hjelp i å løse fysikkproblemer. Felles for eksemplene er at MACSYMA har virket tidsbesparende, og de har også illustrert at arbeid som går med til å sjekke om aktuelle formler og uttrykk blir korrekt skrevet, er betraktelig redusert. Eksemplene viser også at MACSYMA lett kan tilpasses ethvert problemfelt.

KONKLUSJON

Generelle matematiske symbolmanipuleringsprogrammer er meget anvendelige verktøy å ha i fysikken. Ikke bare kan det lette forskningsarbeidet, men det er også meget nyttig hjelpemiddel i undervisningssammenheng. Av algebrasystemene er MACSYMA det største og mest omfattende. Vi har her gitt en liten smakebit av programmets virkemåte, der vi har lagt vekt på å vise programsystemets algebraiske virkemåte. MACSYMA kan i tillegg brukes både som et numerisk og som et grafisk verktøy.

Symbolmanipulasjon har begynt sitt inntog i Norge. FFI var først ute her i landet med å prøve MACSYMA, via satelitt, rundt 1980 og har siden med hell brukt systemet innen felter som elektrooptikk, informasjonsteori og mekanikk. Det norske Veritas og Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo har siden anskaffet programpakken. I skrivende stund er også Fysisk Institutt og matematisk Institutt, AVH, Universitetet i Trondheim i ferd med å skaffe seg MACSYMA systemet.

Det er verdt å merke seg at enkelte algebrasystemer er på vei inn på mikromaskiner. For eksempel finnes et system kalt mu-MATH for IBM PC, som i 1986 vil komme i en ny forbedret versjon, se ref 5. Tidspunktet for at slike algebrasystemer blir tatt i bruk i skolen synes dermed å ikke være så altfor langt unna.

Litteratur

(1) Ruge H: FFV Nr. 2 1985.

(2) Pavelle R, Rothstein M, Fitch J: Computer Algebra. Scientific American 245 6 102 (1981)

(3) MACSYMA Reference Manual. Laboratory for Computer Science, MIT (1983).

(4) Hornæs A, Stenersen K, Wang G (1984): Calculation of gain spectra in high pressure CO_2,N_2O and CS_2 Lasers, FFI/RAPPORT-84/7031, Forsvarets Forskningsinstitutt.

(5) Hornæs A (1985): A MACSYMA Program for Computing and Manipulating Poisson Brackets - An Expert System Based on Production Rules, FFI/NOTAT -85/9009. Forsvarets Forskningsinstitutt.

«NORDISKE GRUNNSTOFFER»

Grunnstoff nr. 21 i det periodiske system, *Scandium* (Sc), er oppkalt etter den skandinaviske halvøya. Prof I. F. Nilsson fra Uppsala arbeidet med et norsk og et svensk mineral (fra Arendal respektive Stockholms skjærgård) da han 1879 oppdaget stoffet. Scandium er et eksempel på grunnstoffer som nordiske forskere har oppdaget eller reinfremstilt for første gang. En fullstendig inventering av slike stoffer er ikke helt enkel å gjøre - prioritetsdiskusjoner kan være vanskelige å få et svar på. Men la oss i denne oversikten ta for oss det periodiske system og presentere de stoffer som har spesielle nordiske tilknytningspunkter.

Går vi gjennom oppdagelseshistorien til grunnstoffene finner vi en skandinavisk, særlig svensk tradisjon, og mineraloger og kjemikere har gjort en stor innsats allerede fra 1700-årene. Den svenske mineralogen G. Brandt isolerte f.eks. i 1730-årene *Kobolt* (Co). Bergmæster A. F. Cronstedt viste 1751 at koppernikkel blant annet besto av et da ukjent metall som fikk navnet *Nikkel* (Ni); oppdagelsen ble i 1776 bekreftet av professoren i kjemi i Uppsala T. Bergman.

I samme vitenskapelig ekspansive århundrede bidro Carl Wilhelm Scheele, apoteker i Köping, med oppdagelsen av *Klor* (Cl) og *Wolfram* (W). Cronstedt hadde da allerede tidligere beskrevet mineralet tungsten, der wolfram inngår. Den endelige reduseringen til rent wolfram ble gjort i Spania av to brødre, hvorav den ene, Don Juan José de Elhuyar, hadde vært student i Uppsala hos Bergman.

Manganets (Mn) oppdagelseshistorie er lang og interessant og både T. Bergman, J. Gahn i Falun samt Scheele spilte en stor rolle. Scheeles avhandling «Om brunsten» (som inneholder mangan) kom i 1774.

Prioriteten til *Oksygenets* (O) oppdagelse har skapt kamp innen vitenskapshistorien - det er en artikkel for seg selv - men la oss her nevne at Scheele nok var den som først oppdaget gassen.

Til tross for Scheeles storhet så er vel den største skandinaviske kjemiker allikevel Jons Jacob Berzelius (1779-1848). Han ble avbildet på frimerke i 1939 da det svenske Vitenskapsakademiet feiret 200-årsjubileum. Berzelius er blitt kalt «kjemiens fader», blant annet fordi han skapte den moderne kjemis nomenklatur. Hans innsatser generelt innen kjemien skal ikke tas opp her, men hans tid i Uppsala betød mye for oppdagelsen av flere grunnstoffer som vi skal se.

Berzelius fikk i 1824 med sikkerhet fremstilt reint *Silisium* (Si), som han selv kalte kisel (etter tyske kies eller kes, som betyr grov sand eller grus). *Selen* (Se) ble først oppdaget på bunnen av blykammere i en svovelsyrefabrikk der Berzelius var medeier. Man

trodde først at stoffet var en slektning til tellur - oppkalt etter jorden - men Berzelius fant i 1818 ut at det var et nytt grunnstoff og det fikk navn etter månen (græsk: selene).

Den gamle guden Tor har gitt navn til *Thorium* (Th). Berzelius trodde han hadde funnet det i 1817 i et svensk mineral, oppdaget i 1824 at det var en feiltakelse, men fikk fire år senere fremstilt fritt (urent) Th fra et norsk mineral, som senere ble gitt navnet thorit.

Zirkonium (Zr) ble første gang framstilt fritt av Berzelius i 1824 (men man var allerede i 1789 klar over dets eksistens) I et brev fra Berzelius til den geniale engelske kjemikeren Davy i mai 1808 beskrev Berzelius hvordan man kan fremstille en kalsium amalgam ved elektrolyse av en blanding av kalk og kvikksølvoksid. Davy lyktes å fremstille kalsium, barium, strontium og magnesium-almagamer etter Berzelius oppskrift og etter en destillasjonsprosess fikk han fram de fire jordartsmetallene i fri (men uren) tilstand for første gang.

Oppdagelsen av *Cerium* (Ce) har sine poenger. I 1803 fant svensken W. Hisinger sammen med Berzelius ut at et rødt mineral fra mellomsverige innholdt et nytt element og kalte det cerium (etter asteroiden Ceres). Men den kjente kjemikeren Klaproth i Berlin hadde også analysert mineralet og både han og de to svenskene publiserte i «Neues allgemeine Journal der Chemie» i bind 2, hefte 3 respektive 4. Vurdert ut fra dette skulle altså Klaproth være nummer én, men Hisinger og Berzelius hadde også publisert oppdagelsen av cerium i en liten bok på svensk (utgitt i 60 eksemplar!) den 28. januar 1804. Så man kan med den skriften i hånden hevde at svenskene sannsynligvis var de første til å publisere likevel!

En spesiell plass i grunnstoffenes historie har et steinbrudd ved Ytterby på Resarö i Stockholms skjærgård. Ikke mindre enn fire grunnstoffer har fått sitt navn direkte etter Ytterby og enda fler ble funnet der for første gang. En løytnant Arrhenius fant i 1787 i steinbruddet et sort mineral, som han kalte for ytterbit. J. Gadolin, født i Åbo og professor ved Åbo akademi, undersøkte mineralet i 1794 og fant et grunnstoff han kalte *Yttrium (Y)*. Gadolin har blitt husket på et finsk frimerke i anledning 200-årsdagen for hans fødsel (se figuren). Han har senere indirekte

fått gi navn til grunnstoffet *Gadolinium (Gd)*, som han imidlertid ikke selv oppdaget.

C. G. Mosander, professor ved Naturhistoriska museets mineralogiavdeling i Stockholm, fant i 1843 at yttrium egentlig inneholdt tre komponenter: hovedkomponenten yttrium samt *Terbium (Tb)* og *Erbium (Er)*. Erbium viste seg senere også å inneholde nye stoffer, ytterbium (navngitt og oppdaget av sveitseren de Marignac 1878) og Scandium, som ble omtalt innledningsvis. I 1879 isolerte til slutt P. Th. Cleve i Uppsala enda fler komponenter ut fra et erbiumpreparat og oppdaget *Thulium* (Tm), navngitt etter Thule, landet i Nord, samt *Holmium* (Ho), navngitt etter Stockholm som var byen nærmest Ytterby.

Etter å ha fulgt Ytterby-mineralenes oppdagelseshistorie får vi gå litt tilbake for å fange opp noen andre «skandinaviske grunnstoffer». Scheele kan vel regnes til *Molybdenets* (Mo) oppdager, men det ble P. J. Hjelm som først isolerte det nye metallet i 1781.

I 1802 undersøkte A. G. Ekeberg (en av Berzelius lærere) to forskjellige mineraler, et fra Ytterby og et fra Kimito i Finland. Han oppdaget til slutt *Tantal* (Ta) og metallet fikk navn etter Tantalos i den greske mytologien. Metalloksidet ville ikke ta til seg syre, på samme måte som Tantalos ikke kunne drikke av vannet han sto i.

C. G. Mosander, nevnt tidligere, var opprinnelig farmasøyt og lege. Allerede i 1826 mente han at det tidligere fremstilte cerium inneholdt enda et element og oppdaget i 1839 *Lantan* (La). Han oppdaget også Didym som nå har namnet *Neodym* (Nd). A. A. Arfwedsson, elev til Berzelius, fant det tredje grunnstoffet i det periodiske system *Litium* (Li). Berzelius foreslo navnet litium fordi dette alkali var det første han mente var funnet i mineralriket (gresk; lithos = stein). En annen Berzelius-elev, N. G. Sefstrøm, undersøkte omkring 1830 jernmalmer og fant et metall som var uløselig i flere syrer. Elev og lærer undersøkte metallet og ga det til slutt navnet *Vanadium* (V) etter Vanadis, et binavn til gudinnen Freia.

Vi er nesten til veis ende i en litt spesiell reise i grunnstoffenes historie, og vi har sett hvilken stor rolle særlig Scheele og Berzelius har spilt i den.

Oppdagelseshistorien til stoff nr. 102 er også interessant for oss. Stoffet ble først påstått funnet av fysikere i Stockholm (P. R. Fields, M. Siegbahn m.fl.) i 1957 og navngitt som *Nobelium* (No) etter Alfred Nobel. Men i 1958 publiserte Ghiorso, Seaborg m.fl. et par artikler der de viste at Stockholmsgruppen hadde feil og at deres egen Berkeley-gruppe hadde oppdaget dette transuranelement. Navnet Nobelium ble imidlertid godtatt.

Skandinavia har også tilknytning til element nr. 72, *Hafnium* (Hf). På Niels Bohrs institutt i København prøvde de Hevesy fra Ungarn og Coster fra Nederland i 1922 spektroskopisk å finne element nr. 72, som fortsatt manglet. Det lyktes dem den 9. des. 1922, da de arbeidet med et norsk zirkonium-materiale de hadde lånt fra Mineralogisk Museum i København. To dager senere kunne Bohr avslutte sin Nobelforelesning i Stockholm (han fikk prisen i fysikk 1922) ved å offentliggjøre Costers og de Hevesys oppdagelse.

Navnet på Costers og de Hevesys grunnstoff ble av Bohr og hans krets først bestemt til Hafnium (etter en latinform for København). Så ombestemte de seg og ville ha navnet danium i steden og i korrekturen til rapporten ble også hafnium forandret til danium. Men ved en feiltakelse ble rettelsen ikke tatt med ved den endelige publiseringen i «Nature» og navnet er derfor fortsatt hafnium!

Bor er derimot ikke navngitt etter Bohr!

Hans Christian Ørsted, også i København og for fysikere mest kjent som oppdager av den elektriske strøms magnetiske virkning, var den første som fremstilte fritt *Aluminium* (Al). Davy hadde forsøkt via elektrolyse men klarte ikke oppgaven. Ørsted kunne via aluminiumklorid få dannet aluminiumamalgam som deretter lot seg avdestillere. Ved et møte i Videnskabernes Selskab den 8. april 1825 viste han fram en prøve av det nye, viktige metallet.

I historisk perspektiv er det altså en imponerende rekke nordiske forskere, mineraloger, kjemikere, fysikere etc., som har stått i sentrum ved oppdagelsen av grunnstoffene i det periodiske system. Godt over 25 av de naturlig forekommende grunnstoffene - de kan vel sies å være stort sett 90 i antall - har blitt nevnt i denne lille oversikten, og ble altså oppdaget eller reinfremstilt for første gang i et nordisk laboratorium under, ofte, kummerlige forhold.

Anders Johnsson

HUSK KONTINGENTEN

Fra Fysikkens Verden

47. årgang
1985

NORSK FYSISK SELSKAP
Trondheim 1985

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Førsteamanuensis Knut Jostein Knudsen,
Granlivn. 24, Ugla, 7000 Trondheim

Førsteamanuensis Hans Kolbenstvedt,
Fysisk institutt, AVH
Universitetet i Trondheim, 7055 Dragvoll

Redaksjonssekretær:
Lab.ing. Halvard Torgersen, Univ. i Trondheim, NTH. Avd. Fysikk og matematikk, 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, AVH, 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

Sekretær:
Gudrun Græsmann

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden, Fysisk institutt,
AVH, Universitetet i Trondheim, 7055 Dragvoll

Norsk Fysisk Selskap

STYRE:
Formann:
Professor E. Osnes, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.
Vise-formann:
Professor R. S. Sigmond, NTH, Trondheim.
Styremedlemmer:
Førsteamanuensis O. Havnes, Universitetet i Tromsø.
Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo.
Førstelektor K. Myklebost, Universitetet i Bergen.

Sekretær:
Gerd Jarratt, Fysikkavdelingen,
Institutt for energiteknikk,
Boks 40, 2007 Kjeller.

INNHOLD

Hefte 1

Paul Dirac 1902-1984, *Haakon Olsen* 1
Tryggve Grotdal, minneord, *K. Nybø, J. M. Hansteen* 2
Nobelprisen i fysikk 1984, *Haakon Olsen* 2
Middel-atmosfærisk forskning på Svalbard, *H. K. Myrabø, Kjell Henriksen* 4
Rapport fra Fysikkolympiaden i Sverige, *Vidar Horsfjord, Ingrid Hiis Helstrup* 6
Nye studentmedlemmer 8
Alvorlig talt! *E. H. Hauge* 9
Fysikermøtet 1985 10
Nye medlemmer, 25. jan. -85 10
International Union of Pure and Applied Physics IUPAP, Gen.fors. 1985, *v/Sverre Westin* 17
von Karmaninstituttet - Et internasjonalt forskningssenter, *Helge I. Andersson* 18
Teaching Abroad, *Franciszek Kaczmarek* 20
Nye medlemmer 7. juni 1984 20
Internasjonal karbonkonferanse 21
Meteorologiske studier av den øvre atmosfæren ved hjelp av optiske fjernmålinger på Svalbard, *Kjell Henriksen og Knut Stamnes* 21
Innkalling til årsmøte 1985 24
Bøker 16, 24
Erik Tandberg: Romfergen
Iver Brevik, Jostein Knutsen: Aerodynamikk
W. Gough, J. P. G. Richards, R. P. Williams: Vibration and Waves
Knut J. Knutsen: Formler og data i fysikk.

Hefte 2

Naturvitenskap på nordiske frimerker, *Anders Johnsson* 25
Brune dverger er oppdaget, *Iver Brevik* 26
Ampéres 'opdagelse' af induktionen, *Ole Knudsen* 27
Miljøaspekter ved supersonisk flyging, *Knut J. Knutsen* 30
Eksponensiell vekst - hva er det?, *Asbjørn Solheim* 32
Publikasjonskomittén inom EPS, *Gunnar Tibell* 34
Datamaskinen i norsk fysikkundervisning, *Herman Ruge* 35
Experiences from the Teaching Abroad Project, *L. Silverberg* 36
Erfaringar frå tilvalstoff i fysikk, *Einar Oterholm* 37
Senter for realfagundervisning, *Svein Sjøberg* 38
Fysikermøte på Oppdal, *Erlend Østgaard* 41
Fysikk i skolen - En nordisk konferanse, *Svein Sjøberg* 41
Løsningar till XV Internationella fysikolympiaden 42
Nye medlemmer, 26. april 85 42
Experimentella uppgifter och prov i fysik, *Alf Ölme* 43
Bøker 46
Torgeir T. Garmo: Norsk Steinbok
M. Toda, R. Kubo, N. Saito: Statistical Physics (I).
Finn Elvekjær, Børge Degn Nielsen: Fysik for gymnasiet og hf.
F. J. Ynduráin: Quantum Chromodynamics.
J. A. Essers (red.): Computational methods for turbulent, transonic and viscous flows.
Per Strømholm: Den vitenskapelige revolusjon 1500-1700.
Wolfgang Rindler: Introduction to Special Relativity.
W. G. Dixon: Special Relativity. The Foundation of Macroskopic Physics.

Hefte 3.

Svein Rosseland 1894-1985, *Eberhart Jensen* 49
SIMRAD's fagpris i elektrooptikk 1985 50
Norsk Datas fysikkpris for 1985, *Haakon Olsen* 51
Halleys komet, *Øivind Hauge* 51
Tycho Brahe (Frimerke), *Anders Johnsson* 53
Kommentar til E. H. Hauges artikkel «Alvorlig talt», *Bente Sleire* 54
Alvorlig talt, igjen, *E. H. Hauge* 56
Is physics disappearing from the school syllabus?, *M. J. Pipes* 56
På spor etter urkreftene i naturen, *F. Ravndal* 57
Nuclear science in the thirties - With Bohr and Hevesy in Copenhagen, *H. A. C. McKay* 59
Elevernes mening om faget fysik/kemi ved slutningen af 9. klasse, *Poul Thomsen, Sv. Wøjdemann* 64
Årsmelding for Norsk Fysisk Selskap 1984-85 67
Nye medlemmer 71
Bøker 71
Frederick K. Lamb (ed.): High Energy Astrophysics.
Svein Lie, Svein Sjøberg: Myke jenter i harde fag.
H. Georgi: Weak Interactions and Modern Particle Theory.

Hefte 4.

Niels Bohr, vitenskapsmann og verdensborger, Jan S. Vaagen 73
Some Bohr Anecdotes, *Poul Thomsen* 76
Professor i fysikk: Helge R. Skullerud 76
Fra redaktørene 77
NAVF vil lære forskerne formidlingsteknikk 77
Krystallografi med synkrotronstråling, *Olav Steinsvoll* 77
Nye medlemmer 24. sept. -85 78
Laserstråler og kjente optiske fenomener i atmosfæren, *Ingar Singstad* 78
Fysikk og utvikling, *Endre Lillethun* 82
Meterkonvensjonen og Ole Jacob Broch (Frimerker), *Anders Johnsson* 84
Norsk Fysisk Selskap, Årsmøte (ref.) 85
Rapporter fra de faglige grupper 1985 86
Scaling Phenomena in Disordered Systems, *Olav Steinsvoll* 88
Theodore von Kármán - Ingeniør og vitenskapsmann, *Helge I. Andersson* 89
Educational System and Teachers Training in Poland, *Henryk Szydlowski* 92
Cosmos - An Educational Challenge 94
Bøker 95
Jacqueline D. Spears, Dean Zollman: The Fascination of Physics.
P. N. Cahn (red.): e^+e^- Annihilation: New Quarks and Leptons
T. T. S. Kuo, E. Osnes (red.): Collective Phenomena in Atomic Nuclei.
Nigel Calder: Kometen kommer.
Norbert Straumann: General Relativty and Relativistic Astrophysics.

FORFATTER-REGISTER

Andersson, Helge I.: von Karmaninstituttet - Et internasjonalt forskningssenter 18
Andersson, Helge I.: Theodore von Kàrmán - Ingeniør og vitenskapsmann 89
Aspelund, Olav (bokanm.): Collective Phenomena in Atomic Nuclei 95
Borg, Anne (bokanm.): Myke jenter i harde fag . . 72
Brevik, Iver: Brune dverger er oppdaget 26
Brevik, Iver (bokanm.): Computational Methods for Turbulent, Transonic and Viscous Flows . 47
Brevik, Iver (bokanm.): Introduction to Special Relativity 48
Brevik, Iver (bokanm.): Special Relativity 48
Brevik, Iver (bokanm.): Gravitation, Geometry and Relativistic Physics 72
Bugge, Lars (bokanm.): e^+e^- Annihilation: New Quarks and Leptons 95
Grotdal, Tryggve (bokanm.): Formler og data i fysikk 24
Hansteen, J. M.: Minneord, Tryggve Grotdal . . . 2
Hauge, E. H.: Alvorlig talt 9
Hauge, E. H.: Alovrlig talt, igjen 56
Hauge, Øyvind: Halleys komet 51
Helstrup, Ingrid Hiis, og Vidar Horsfjord: Rapport fra Fysikkolympiaden i Sverige 6
Henriksen, Kjell og *H. K. Myrabø:* Middel-atmosfærisk forskning på Svalbard 4
Henriksen, Kjell, og Knut Stamnes: Meteorologiske studier av den øvre atmosfæren ved hjelp av optiske fjernmålinger på Svalbard 21
Horsfjord, Vidar, og I. H. Helstrup: Rapport fra fysikkolympiaden i Sverige 6
*Jensen, Eberhart:*Svein Rosseland 1894-1985 49
Johnsson, Anders: Naturvitenskap på nordiske frimerker 25
*Johnsson, Anders:*Tycho Brahe 53
Johnsson, Anders: Meterkonvensjonen og Ole Jacob Broch 84
Kaczmarek, Francizek: Teaching Abroad 20
Knudsen, Ole: Ampères 'opdagelse' af induktionen . . . 27
Knutsen, Henning (bokanm.): Kometen kommer 96
Knutsen, Knut J.: Miljøaspekter ved supersonisk flyging 30
Lillethun, Endre: Fysikk og utvikling 82
McKay, H. A. C.: Nuclear science in the thirties - With Bohr and Hevesy in Copenhagen 59
Mork, Kjell (bokanm.): Quantum Chromodynamics . . . 47
Mork, Kjell (bokanm.): Den vitenskapelige revolusjonen 1500-1700 48
Myrabø, H. K., og K. Henriksen: Middel-atmosfærisk forskning på Svalbard 4
Nilsen, Jane (bokanm.): Norsk Steinbok 46
Nybø, K., og J. M. Hansteen: Tryggve Grotdal, minneord 2
Olsen, Haakon: Paul Dirac 1902-1984 1
Olsen Haakon: Norsk Datas fysikkpris for 1985 51
Olsen Haakon: Nobelprisen i fysikk 1984 2
Olsen, May-Liss (bokanm.): The Fascination of Physics . 95
Oterholm, Einar: Erfaringar frå tilvalstoff i fysikk 37
Pipes, M. J.: Is physics disappearing from the school syllabus? 56
Ravndal, Finn (bokanm.): Weak Interactions and Modern Particle Theory 72
Ravndal, Finn: På spor etter urkreftene i naturen 57
Ruge, Herman: Datamaskinen i norsk fysikkundervisning 35
Silverberg, L.: Experiences from the Teaching Abroad Project 36
Singstad, Ingar: Laserstråler og kjente optiske fenomener i atmosfæren 78
Sjøberg, Svein: Senter for realfagundervisning 38
Sjøberg, Svein: Fysikk i skolen - En nordisk konferanse 41
Sleire, Bente: Kommentar til E. H. Hauges artikkel «Alvorlig talt» 54
Solheim, Asbjørn: Eksponensiell vekst - hva er det? 32
Solheim, Asbjørn (bokanm.): Fysik for gymnasiet og hf 47
Stamnes, Knut, og K. Henriksen: Meteorologiske studier av den øvre atmosfæren ved hjelp av optiske fjernmålinger på Svalbard 23
Stegavik, Kaare (bokanm.): Vibrations and Waves 16
Steinsvoll, Olav: Krystallografi med synkrotronstråling 77
Steinsvoll, Olav: Scaling Phenomena in Disordered Systems 88
Szydlowski, Henryk: Educational Systems and Teachers Training in Poland 92
Thomsen, Poul, og Sv. Wøjdemann: Elevernes mening om faget fysik/kemi ved slutningen af 9. klasse 64
Thomsen, Poul: Some Bohr Anecdotes 76
Tibell, Gunnar: Publikasjonskomittén inom EPS 34
Vaagen, Jan S.: Niels Bohr, vitenskapsmann og verdensborger 73
Wergeland, Harald (bokanm.): Statistical Physics 46
Westin, Sverre: International Union of Pure and Applied Physics IUPAP, Generalfors. 1985 17
Wøjdemann, Sv., og Poul Thomsen: Elevernes mening om faget fysik/kemi ved slutningen af 9. klasse 64
Ytrehus, Tor (bokanm.): Aerodynamikk 16
Zachariassen, Eli (bokanm.): Romfergen 16
Ölme, Alf: Experimentella uppgifter och prov i fysik 43
Østgaard, Erlend: Fysikermøte på Oppdal 41
Østgaard, Erlend (bokanm.): High Energy Astrophysics . 71
Østgaard, Erlend (bokanm.): General Relativity and Relativistic Astrophysics 96

PÅMELDING TIL FYSIKARMØTET I TRONDHEIM 16.-19. JUNI 1986

Namn: ..... Adresse: .....

Innkvartering ønskest for ..... voksne og ..... barn for nettene 15-16/6
☐ 16-17/6 ☐ 17-18/6 ☐ 18-19/6 ☐ 19-20/6 ☐ ved

(Ein del rom er førebels reserverte på desse hotella)

Singsaker studenterhjem, Rogerts gt. 1
enkeltrom, kr. 210,- per døgn ☐
dobbeltrom, kr. 170,- per døgn ☐

Norrøna Misjonshotell, Ths. Angells gt. 20
enkeltrom, kr. 230,- per døgn ☐
dobbeltrom, kr. 185,- per døgn ☐

Prinsen hotell, Kongensgt. 30
enkeltrom, kr. 400,- per døgn ☐
dobbeltrom, kr. 250,- per døgn ☐

Dei oppgitte prisane gjeld per person. Dei inkluderer frokost. Merk av 1. alternativ med «A», 2. alternativ med «B».

Eg melder på ☐ personar til festmiddagen 17/6. Pris per person: kr. 225,-.
Eg melder på ☐ personar til båttur til Austråt 16/6. Pris per person: kr. 80-100.
Eg melder på ☐ personar til måltid på Austråt 16/6. Pris per person: ca. kr. 90,-.
Eg vil vere med på SINTEF-dagen 19/6 (berre orienterande påmelding) ☐

Eg melder på innlegg til parallellsesjon: Ja/Nei. Tid: ..... min. (maks. 20 min.). Samandrag på engelsk må følgje.

Registreringsavgift kr. 350,- (kr. 450,- ved registrering etter 1. mai).

Ønsker skjema for 20% kongressrabatt på flyreise: Ja/nei.

Påmelding sender ein innan 1. mai til
Fysikarmøtet 1986
Avdeling for fysikk og matematikk
N-7034 Trondheim-NTH.

Bøker

P. W. Anderson: Basic Notions of Condensed Matter Physics, Frontiers in Physics, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Advanced Book Program, Menlo Park, California, 1984. ISBN 0-8053-0219-0. 550 sider.

Denne boka er nr. 55 i serien «Frontiers in Physics» som blir utgitt av Benjamin/Cummings, og er redigert av David Pines. Hovedformålet med denne serien er å få publisert «advanced physics» som ellers kanskje aldri ville bli publisert i bokform fordi stoffet bare eksisterer i form av uformelle forelesningsnotater, tidsskriftartikler, e.l. Bøkene inneholder derfor ofte en samling «reprints» fra viktige og relevante tidsskrift-artikler i original form som kan utgjøre ca. halve boka (eller mer), og en innledning pluss sammenbindende (forklarende) tekst om utvalgte temaer, skrevet av en kjent fysiker.

Philip W. Anderson var forfatter til en slik bok allerede i 1963, dvs. bok nr. 10 i denne serien med tittel «Concepts in Solids: Lectures on *the Theory* of Solids». Anderson hadde allerede da et kjent navn, han er betraktet som mannen «bak» Brian D. Josephson og hans Nobel-pris i fysikk for «superconductor tunnelling» (Anderson var da gjesteprofessor ved Cambridge), og senere fikk Anderson selv Nobel-prisen i 1977 sammen med sin læremester John H. Van Vleck fra Harvard og Sir Nevill Mott fra Cambridge.

Nå har Anderson altså kommet med en «fortsettelse» (i 1984) av sin første bok, og den bygger nok for en stor del på forelesninger holdt i Les Houches allerede i 1978. Men boka er likevel rettferdiggjort ved den store veksten i «condensed-matter»-fysikk i de siste 20 åra. Boka er da ment som et supplement til bøker i kvantemekanisk mangepartikkelteori som ble publisert i 1960-åra, der man la hovedvekten på felt-teoretiske perturbasjonsmetoder (og diagrammer eller grafer, Greens-funksjoner, osv.).

Andersons bok inneholder (derfor?) temaer som: «broken symmetry» som grunnlag for forskjellige problemstillinger (som strukturer, faseoverganger, kollektive eksitasjoner, osv.); «adiabatic continuity» eller renormalisering i forbindelse med Fermi og Bose væsker, kvante-krystaller, supraledning eller supraflytende systemer, perturbasjonsutviklinger, osv.; «Quantum solids» (med «spin waves», «density waves», osv.); renormalisering med Kondo-(«scaling»-)problemet, osv.

Alt i alt virker boka kanskje litt «tynn» til tross for 550 sider totalt, og det er kanskje uunngåelig at boka også har andre svakheter: Den er ikke brukbar som lærebok hvis man vil lære å regne ut noe, men man kan lære om hva man kan regne ut og hvorfor. Man kan ikke lære 2. kvantisering, gruppe-teori, graf-teori eller Greens-funksjoner fra boka, men man kan lære prinsipper og ideer bak visse typer kvantemekanisk mangepartikkelteori, både generelt og mer spesielt. Boka er heller ikke god (i hvert fall ufullstendig) som litteratur-kilde, til tross for reprint-samlingen som Anderson har valgt ut og som utgjør ca. 320 sider, mot ca. 230 sider innledning og tekst. Men reprintsamlingen har selvfølgelig sin egenverdi som original-litteratur, uansett.

Erlend Østgaard

Donald Goldsmith: The Evolving Universe. Second Edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Menlo Park, California, 1985, 562 S.

At denne innføringsboka i astronomi allerede kommer i nytt opplag, viser hvor fort nye, vesentlige og spennende oppdagelser nå kommer i astrofysikk.

Jeg vil særlig anse mengden av nye data om planetene for å være av særlig interesse. Boka har et meget fyldig kapittel fra Pioneer- og Voyager-ferdene til Jupiter og Saturn. Bildene av disse planetene og deres måner viser verdener som er oppsiktsvekkende forskjellige.

Det er i grunnen organiseringen av stoffet som skiller dette introduksjonsverket fra tilsvarende bøker. Også denne boka tar til med noe historikk og beskriver de instrumentene astronomene benytter seg av. Men deretter bygges jo stoffet gjerne opp som en reise bort fra jorda og vårt solsystem. En skildrer først månen, sola og de kjente planetene. Deretter tar en for seg de enkelte stjernenes livsløp. Så ser en på vår egen stjernetåke, Melkevei-galaksen. Når en så drar lenger ut, får en øye på galakser og kvasarer. Til slutt prøver en å få oversikt over helheten, dvs. at en behandler kosmologi. Men denne boka tar turen i motsatt rekkefølge. Først tar en for seg den store oversikten, deretter blir detaljene undersøkt. Rekkefølgen blir da; kosmologi, galakser, Melkeveien, stjernene, solsystemet. Jeg synes dessverre ikke at en vinner noe på å ta stoffet i denne nye rekkefølgen. De stadige henvisningene til stoff som kommer senere, bekrefter vel også dette.

Det er også flere ting jeg virkelig savner. Angående kapitlet om kosmologi, så får en den riktige forklaringen på at det er mørkt om natta, nemlig at universet har en endelig alder. Da hadde det vel vært på sin plass å nevne Harrison som har en vesentlig del av æren for at dette paradokset nå er løst. Og Harrisons bok som uten tvil er den beste populærvitenskapelige bok som finnes om kosmologi, se, den er ikke nevnt i bibliografien. Derimot synes jeg det er overføldig å nevne «steady state» - kosmologien. Den er nå virkelig ikke mer levende enn gammel sild i lake. Og Arps svært tvilsomme statistikk om galakser og kvasarer hører heller ikke hjemme i et introduksjonskurs.

Da hadde det vært bedre om mekanismen for de pulserende cefeid-stjernene hadde blitt behandlet, for disse avstandsmålerne er uhyre viktige. Jeg fant heller ingen forklaring på solsystemets fordeling av angulært moment på sol og planeter.

Heller ikke denne ferske boka har rukket å få med nyeste nytt om hvordan månen ble til, nemlig at månen ble dannet etter at jorda kolliderte med en kjempestor asteroide.

Derimot finnes det et stort kapittel om muligheten for å finne liv andre steder i universet, og om vi vil være i stand til å kommunisere med disse fremmede livsformene. Da kan det kanskje være på sin plass å spørre om hvorfor en skal lete etter fjerne, eksotiske skapninger, når vi mennesker egentlig viser en slik forakt for våre egne medskapninger, det være seg dyrearter eller andre medmennesker.

Henning Knutsen

N. Cindro, W. Greiner og R. Caplar (red): Fundamental Problems in Heavy-Ion Collisions World Scientific, 1984.

Boken, basert på en internasjonal konferanse, begrenser seg ifølge redaktørene til «vekstintensive» deler av det store feltet som tung-ionefysikken i dag er blitt. De temaene som tas opp representerer ubetinget spennende områder; at utvalget gir full dekning for hvor tingene virkelig skjer er noe mer tvilsomt, og vel heller ikke å forvente, konferansens begrensede størrelse tatt i betraktning. Boken har uformell karakter i den forstand at stoffet presenteres gjennom data, bilder og korte teoretiske betraktninger. Den kan likevel ikke sies å være en typisk innføringsbok for studenter, til det er temaene for sterkt innbakt i den artikkelstil som vel kjennetegner de fleste aktive forskningsfelt. For den som allerede har litt innsikt er det imidlertid nyttig lesning, også for den som ikke fullt ut deler redaktørenes visjoner og valg av hester å spille på.

Jan S. Vaagen

LITT OM FRAKTALBEGREPET

Joseph L. McCauley og Olav Steinsvoll*
Fysikkavdelingen,
Institutt for energiteknikk, Kjeller

Før 1980 var det nesten ingen undervisning eller forskning i fysikk på gjenstander med uregelmessige former eller på deterministiske dynamiske systemer som viser uregelmessige (kaotiske) bevegelser. I faststoff-fysikk ble krystallinske stoffer inngående behandlet, men vi lærte bare litt om aggregater som ikke kan beskrives av translasjonssymmetri. I klassisk mekanikk underviste vi bare om systemer som kan løses ved symmetribetraktninger, f.eks. harmoniske svingninger eller den elliptiske bevegelsen til jorden omkring sola. Alle slike systemer i klassisk mekanikk kan forstås av den gruppeteorimetoden som ble oppdaget av Sophus Lie i det forrige århundret. Kvantemekanikken ble bygget på denne tradisjonen. I 1960-årene var teorien om unitær symmetri (Kvarkteori) hovedteorien i fysikk, og den kom med forutsigelser som viste veien til den eksperimentelle oppdagelsen av Ω^--partikkelen. Denne tenkemåten har gitt anledning til den moderne kvarkteorien som kalles kvantekromodynamikk (QCD) og andre moderne gaugeteorier. Men symmetribetraktninger kan ikke brukes for å forklare kaotiske fenomener, f.eks. turbulens, og mange andre interessante problemer i makroskopisk fysikk, spesielt i biofysikk.

På grunn av nye oppdagelser i klassisk mekanikk /1/, /2/, /3/, er det nå mulig å studere uregelmessige dynamiske systemer som er helt usymmetriske. Nå er klassisk ulineær dynamikk et hovedemne i fysisk forskning og fra dette arbeidet har det kommet en ny tenkemåte inn i fysikken. Man kan spørre hvilke innskrenkninger antakelsen om for mye symmetri gir. E. Schrödinger /4/ bemerket tidligere i dette århundret at levende prosesser ikke kan forstås hvis vi betrakter bare perfekte krystaller. F.eks. er forgreiningsmønsteret til tregreiner uregelmessig, og for noen tresorter vil et nærmere ettersyn vise at et liknende mønster finnes igjen i en mindre målestokk når vi ser på kvistene på greinene /5/. Her møter vi hovedideen om endring av målestokken (skalering) for mønstret til et bruddstykke: det er ingen lengdeskala som er karakteristisk for hele treets mønster, mønsteret til tregreinene finnes igjen i mange mindre målestokker. Smågreinene på en grein viser det samme uregelmessige mønsteret som hele treet.

Som et annet eksempel kan vi betrakte lengden av kurven som bestemmer kystlinjen til Norge /5/. En kystlinje har ingen enkelt karakteristisk målestokk, og derfor ingen bestemt lengde. En kan så spørre: hvordan kan matematikk brukes for å diskutere kystlinjer? Svaret er at man forsøker å finne en skalalov som viser hvordan en måling av kystlinjen som bruker målestokk med enhet ε_1 og fører til totallengden L_1 er forbundet med en måling som fører til lengden L_2 med bruk av enhetsstørrelsen ε_2. Kystlinjer er ikke gitt med en enkelt kurve, men gir anledning til en rekke forskjellige kurver når forskjellige lengdeenheter ε_i brukes for å måle kystlinjen.

Som et eksempel skal vi betrakte Kochkurven som kan finnes på følgende måte. Først, tegn en rett linje fra 0 til 1:

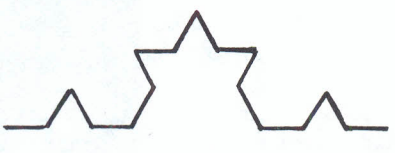
Figur 1 ($\varepsilon = 1$, $N = 1$)

Ta så ut den midtre åpne tredel (1/3, 2/3), (punkter mellom 1/3 og 2/3) og erstatt den med to rette linjestykker på følgende måte:

Figur 2 ($\varepsilon = 1/3$, $N = 2^2$)

Hver av de fire linjedelene (linje bruddstykker), har lengde lik 1/3, så hele kurven har en total lengde lik 4/3 (>1).

På hvert rette linjestykke tar vi igjen ut de åpne midtre tredeler og erstatter dem med åtte bruddstykker på følgende måte:



Figur 3 ($\varepsilon = 1/3^2$, $N = 2^4$).

Nå har hvert bruddstykke lengden 1/9, og kurven har total lengde lik $(4/3)^2 > 4/3$. Det er klart at hvis vi fortsetter i det uendelige, så får vi en merkelig kurve med uendelig total lengde, og denne algoritmen bestemmer «Kochkurven». For å bestemme skalaloven, skriver vi først likningen for total lengde $L(\varepsilon)$ av kurven,

$$L(\varepsilon) = N(\varepsilon)\varepsilon \qquad (1)$$

*) Permanent adresse: Department of Physics, University of Houston, Houston, Texas 77004, USA. Forfatteren har et stipendopphold ved Institutt for energiteknikk, Kjeller, finansiert av NORDITA og The American-Scandinavian Foundation.

hvor ε er lengdeenheten eller størrelsen til hvert bruddstykke. Det blir N(ε) bruddstykker med måleenhet ε.

Sammenhengen mellom N(ε) og ε utvikler seg på følgende måte: når ε = 1 får vi N = 1 (fig. 1), når ε = 1/3 (fig. 2) får vi N = 2^2, når ε = $(1/3)^2$ (fig. 3) får vi N = 2^4. Videre får vi N = 2^{2n} når ε = $(1/3)^n$. Av de to siste likningene finner vi

$$n = \ln N/2\ln 2 \qquad (2)$$

og

$$n = \ln(1/\varepsilon)/\ln 3 \qquad (3)$$

Når vi eliminerer n, finner vi forbindelsen mellom N og ε

$$\ln N/\ln 1/\varepsilon = 2\ln 2/\ln 3 = d_f \qquad (4)$$

eller

$$N = \varepsilon^{-d_f} \qquad (5)$$

altså en potensfunksjon.

Setter vi uttrykket (5) inn i likning (1) finner vi skalaloven som vi er på jakt etter

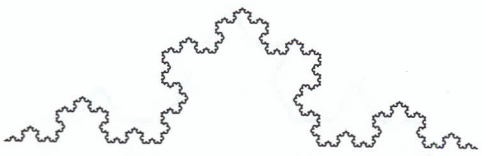
$$L(\varepsilon) = \varepsilon^{1-d_f} = \varepsilon^{d-d_f} \qquad (6)$$

hvor d = 1 er den vanlige dimensjonen til en kurve og d_f kalles «fraktaldimensjonen». For Kochkurven får vi altså d_f = 1.26.

I det mer generelle tilfellet får vi

$$d_f = \lim_{\varepsilon \to 0} \ln N(\varepsilon)/\ln 1/\varepsilon \qquad (7)$$

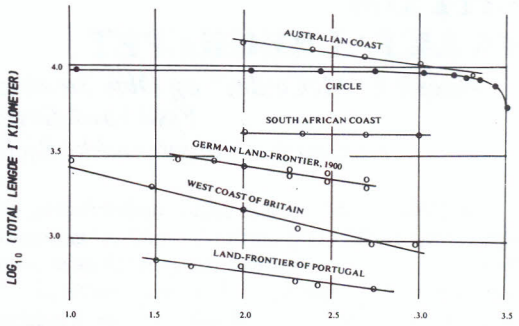
For en liten målestokk, med stor n, blir Kochkurven en uregelmessig, kantete kurve av formen



Figur 4

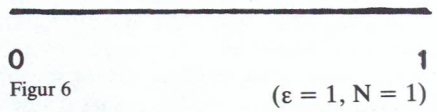
For kystlinjen n til Stor-Britannia har Madelbrot vist at /5/ at $d_f \sim 1{,}2$ som følge av seks forskjellige målinger med seks forskjellige lengdeskalaer med måleenheter fra tre til én km.

Faktoren ln2/ln3 i d_f kan forstås hvis vi betrakter berøringspunktene til n = ∞-Kochkurven med x-retningen. Siden $d_f > 1$, går totallengden $L(\varepsilon) \to \infty$ når $\varepsilon \to 0$ ($n \to \infty$), men man kan også se at Kochkurven ikke har noen utstrekning langs x-retningen! For å se dette, la oss finne berøringspunktmengden med



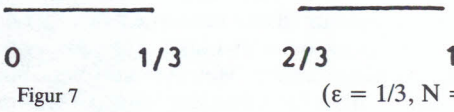
Figur 5 LOG_{10} (LENGDEN AV MÅLESTOKK I KILOMETER)

x-retningen. Vi begynner med det rette linjestykket fra 0 til 1.



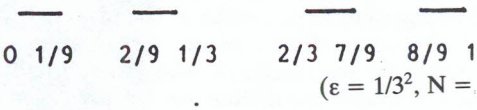
Figur 6 (ε = 1, N = 1)

Så tar vi vekk den åpne midtre tredelen [1/3], [2/3]. Nå har vi de to lukkede intervallene [0, 1/3] og [2/3, 1]



Figur 7 (ε = 1/3, N = 2)

Så tar vi ut de åpne midtre tredeler til begge disse bruddstykkene og da får vi de fire lukkede intervallene [0, 1/9], [2/9, 1/3], [2/3, 7/9] og [8/9, 1].



(ε = $1/3^2$, N = 2^2)

.
.
.

(ε = $1/3^n$, N = 2^n)

Figur 8

Når n→∞ består denne punktmengden bare av en uendelig rekke av tall 0,1,1/3, 2/3, 1/9, 2/9, 7/9, 8/9 osv. Siden det er mellomrom mellom hvert par endepunkter til mengden kan vi forvente at vi vil finne at L(ε)→0 når ε→0. Dette kan vi se på følgende måte: N = 1 når ε =1, N = 2 når ε = 1/3, N=2^2 når ε = $(1/3)^2$, osv., N = 2^n når ε = $(1/3)^n$. Derfor får vi fraktaldimensjonen fra likning (7).

$$d_f = n\ln 2/(n\ln 3)$$

$$d_f = \ln 2/\ln 3 \approx 0.63 \qquad (8)$$

som er halvparten av resultatet vi fikk for Kochkur-

ven. Altså får vi at lengdestørrelsen $L \to 0$ når $\varepsilon \to 0$, siden $d_f < 1$. Denne mengden kalles Cantor-mengden /5/ og er velkjent i matematikken /6/.

I ulineær dynamikk finner man mange katotiske systemer som viser uregelmessige bevegelser langs merkelige baner («strange attractors» på engelsk) /2/. Disse «attraktorer» har ikke heltallige (dvs. fraktale) dimensjoner. Kvalitativt kan de likne på Cantor-mengden. I faststoff-fysikk finner man også fraktale dimensjoner, f.eks. i teorien for diffusjonsbegrenset aggregering (DLA) /7/. Den systematiske oppdagelsen av skalalover i fysikk begynte omtrent i 1970 da L. P. Kadanoff, K. G. Wilson og M. E. Fisher brukte renormaliseringsgruppemetoden for å beskrive kritiske fenomener i statistisk mekanikk /8/. Liknende tenkemåter ble brukt av M. Feigenbaum i ulineær dynamikk for å forstå overgangen fra stabil periodisk bevegelse til deterministisk kaos i ikke-konservative (dissipative) systemer /1/, /2/, /3/. I dag er undervisning og forskning om fraktale fenomener viktig i faststoff fysikk, klassisk mekanikk, hydrodynamikk og på mange andre områder, f.eks. i komputertegning, hvor fraktaler brukes for å tegne mange uvanlige og vakre bilder /2/, /9/. Ved å følge denne nye tenkemåten kan horisonten vår bli videre, og vi kan forestille oss nye muligheter som vi før ikke kunne tenke oss.

Referanser:

/1/ L.P. Kadanoff, Physics Today 36, 46 (Dec. 1983)

/2/ H. O. Peitgen + P. H. Richter, «Computer Graphics Face Complex Dynamics. Frontiers of Chaos - Map Art», Forschungsgruppe Komplexe Dynamik, Universität Bremen (1985)

/3/ P. Cvitanovic + M. H. Jensen, Fysisk Tidsskrift 80, 275 (1982)

/4/ E. Schrödinger, «What is Life», Cambridge (1969)

/5/ B. Mandelbrot, «The Fractal Geometry of Nature», Freeman

/6/ R. P. Boas, «A Primer of Real Functions», The Carus Mathematical Monographs No. 13 (1960).

/7/ R. Pynn + A. Skjeltorp «Scaling Phenomena in Disordered Systems», Proceedings of the 1985 Geilo NATO-ASI, to be published by Plenum Pr. (1985).

/8/ R. Pynn + A. Skjeltorp, «Multicritical Phenomena», Proceedings of the 1983 Geilo NATO-ASI, Plenum (1983).

/9/ A. K. Dewdney, Scientific American, pg. 8 (Aug. 1985)

FYSIKARMØTET 1986

Møtet blir i år ved NTH i Trondheim frå mandag 16. juni til torsdag 19 juni.

Programmet er no på det næraste fastlagt. Fellesprogrammet omfattar ni inviterte foredrag over ulike emne, ein grupperapport og prisforedrag. Ein dag, torsdag den 19. er om SINTEF-aktivitetar, med presentasjonar og omvisningar. Årsmøtet i NFS blir om ettermiddagen den 16.; om kvelden blir det 5,5 timars utflukt til Austråt på Ørland. Festmiddagen blir den 17., på Lian restaurant.

To ettermiddager er avsette til seksjonsforedrag og faglege møte.

Dei ni foredraga omfattar mange emneområde. Det første gjeld «Kvante-Hall-effekten» og vi har von om å få Nobelprisvinnaren von Klitzing eller ein nær medarbeidar hit. - Eit laboratorium i NMR-tomografi blir opna i Trondheim til våren, og ein av ekspertane i verda, professor Chapman frå Nottingham, har eit foredrag om NMR (= kjernemagnetisk resonans). Det tredje og siste foredraget mandagen blir av prof. Toksöz, MIT: «Physics of porous media related to petroleum logging». Ettermiddagen går til årsmøte og prisforedrag.

Tysdagens foredrag handlar om strukturar, med vekt på nye landevinningar og nye fenomen. O. Bastiansen, Oslo innleier med «Kvifor strukturforsking», fulgt av P. Bak, Brookhaven om «Six-dimensional crystallography». A. Skjeltorp, Kjeller gjer greie for arbeid med «Modellering ved hjelp av Ugelstad-kuler», og P. Pieranski, Paris fortel om «Structure of Colloid suspensions». Resten av dagen til parallellsesjonar, festmiddag om kvelden.

Emnet for første foredrag onsdag er enno ikkje fastlagt. Vi har arbeidd med emne som «Physics of superlattices», «Siste om topp-kvarken» og «Mysterious radiation from Cygnus X3», men det kan óg bli noko anna.

Etter det følgjer optikk-emne: O. J. Løkberg, NTH gir gruppepresentasjon av norsk optikk, fulgt av L. Thylén, Stockholm om integrert optikk og optiske datorar. Eit prisforedrag av L. O. Svaasand NTH, Simrad-prisen 1985, får tittelen «Laserar i medisinen - fysikk og metafysikk». Parallellsesjonar etter det.

Torsdagen blir SINTEF-dag, med presentasjon ved direktør Moe, og med omvisningar etter val ved m.a. Havbassenget, Tyholt, Hydrotekniske laboratorium, tofase- og kjøleteknikklaboratoriet,laboratorium for monodisperse polystyrenkuler «Ugelstad-kuler»), høytrykklaboratoriet, og eventuelt NMR-tomografilaboratoriet. Det blir eit einestående høve til å bli kjent med ein del av SINTEF sine mange innsatsområde.

STIPEND TIL FYSIKERMØTET 1986

Norsk Fysisk Selskaps styre har på styremøte 31. januar bevilget kr. 6.000,- til stipend for hovedfagsstudenter og/eller lektorer i den høyere skole. Maksimum beløp det kan søkes om er minipris med fly (fra Bergen 920,-, Oslo 790,-, Stavenger 1.080,-, Tromsø 1.240,).

Søknad om stipend sendes selskapets sekretær Gerd Jarrett, Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller innen 15. april.

Hovedfagsstudenter og lektorer slipper å betale registreringsavgift hvis de ikke får den refundert av egen institusjon.

INNKALLING TIL ÅRSMØTE

Det innkalles herved til årsmøte i Norsk Fysisk Selskap mandag 18. juni 1986 kl. 14.00 ved Norges Tekniske Høgskole. Saker som ønskes tatt opp under eventuelt må være innkommet til Styret innen 15. mai.

Sakliste:

1. Godkjenning av innkalling og sakliste
2. Referat fra årsmøte 1985 (se FFV nr. 4 1985).
3. Årsmelding.
4. Faglige grupper.
5. Fra Fysikkens Verden
6. Physica Scripta (orientering)
7. Regnskap for 1985 for NFS OG FFV
8. Budsjett for 1986 og 1987 for NFS og FFV.
9. Valg:
   a) vise-formann og 1 styremedlem, 2 varamedlemmer
   b) revisorer og valg-komité
   c) medlemmer til Norsk Fysikkråd
10. Forslag til statuttendring*
11. Fysikermøtet 1987.
12. Eventuelt.

Styret

*) Forslaget vil bli sendt ut med møtepapirene.

Nye medlemmer

Tatt opp på styremøtet 31. januar 1986:

Cand.scient. Jan Petter Hansen
Institutt for energiteknikk
Postboks 40
2007 Kjeller

Siv.ing. Terje Krognes
NILU
Postboks 130
2001 Lillestrøm

Lærer George Richard Sundt
Vollabakken 7
7000 Trondheim

Studentmedlem

Cand.mag. Tommy Ødegård
Fysisk Institutt
UNIT/AVH
7055 Dragvoll

Trondheim workshop i teoretisk fysikk 1985

Trondheim workshop i teoretisk fysikk er på veg til å bli et årvisst arrangement. I dagene 9.-13. september 1985 møttes studenter og lærere til en ny teoriworkshop.

Bevilgninger til arrangementet ble gitt av Kollegiet for Universitetet i Trondheim. Det fysiske Seminar i Trondheim, Fysisk institutt, UNIT-AVH og institutt for teoretisk fysikk, UNIT-NTH stod som arrangører i samarbeid med Norsk Fysisk Selskaps gruppe for generell teoretisk fysikk. Arrangementskomite for Trondheim workshop er Per Chr. Hemmer, Kjell Mork og Haakon Olsen. Norsk Fysisk Selskap ga som tidligere år støtte til reise og opphold for studenter fra andre universiteter.

Siktemålet var som tidligere år å gi informasjoner til fysikkstudenter og andre fysikere om utviklingen i teoretisk fysikk, denne gang med vekt på samspillet astrofysikk - partikkelfysikk.

Kejo Kajantie, Helsingfors Universitet foreleste om «Astrophysics and particle physics» (10 timer), Finn Ravndal, Universitetet i Oslo om «General Theory of relativity» (10 timer) og Berhard Jones, Nordita om «Cosmological models» (10 timer). Forelesningene fant sted ved UNIT-AVH, Rosenborg.

I alt 39 fysikere tok del i årets workshop, av disse var 20 hovedfagsstudenter/doktorgradsstudenter. Arrangørene ser gjerne at flere studenter fra de andre universitetene deltar, denne gangen hadde fire studenter fra Oslo funnet vegen til Trondheim. På nytt har vi hatt en vellykket uke med teoriworkshop med inspirerende forelesninger og diskusjoner. Arrangementskomiteen er i gang med planlegging av workshop for 1986 som vil finne sted i dagene 9.-13. juni. Denne gang står faste stoffers fysikk på programmet med «Kvante-Hall-effekten», «Supraledning» og «Kaos anvendt i faststoff-fysikken» som hovedemner for forelesningene.

Haakon Olsen

FYSIKKLÆRER-SEMINAR PÅ ALVER HOTEL 11.-12. OKTOBER

Med pengestøtte vesentlig fra Norsk Fysisk Selskap og RVO - også med bidrag fra skolelaboratoriet i Bergen - ble det avholdt et ettdøgns-seminar for fysikklærere i forbindelse med innføringen av ny fagplan i 2Fy og 3Fy (tilsvarende reallinjens fysikk i det gamle gymnaset.)

Den nye fagplanen innfører enkelte nye emner som også er nye for svært mange lærere: historisk perspektiv, energi og samfunn, fysikk i kulturelt og i etisk perspektiv (burde kanskje ikke være nytt?),

partikkelfysikk, elektronikk, astrofysikk med kosmologi. Seminaret var et forsøk på å imøtekomme en del av behovene i denne sammenheng. Foredrag og gruppediskusjoner første dag handlet om erfaringer med den nye fagplanen. Rolf Amundsen tok opp allmenne sider ved faget, Nils Fjell og Jostein Walle la fram alternative tilvalgsstoff-opplegg, og lærerne fra Bergen Katedralskole demonstrerte måleutstyr for påvisning av Wiens forskyvningslov.

Neste dags foredrag var om enkle diode- og transistorkretser, ved Per Vold, og om mer og mindre elementære partikler satt i nyeste system av Kårmund Myklebost. Her fikk vi halvgamle en hardt tiltrengt fornying av vårt begrepsapparat, og spørsmålene uteble ikke.

Nyttig var det også å få utveksle erfaringer fra det forløpne skoleår - en hel del av oss har allerede vært gjennom 2Fy-pensum en gang og kjente problemene. Særlig hjelp til å løse dem har vi ikke fått fra vår arbeidsgiver. Nå er det håp om å få bevilget et astrofysikk-kurs fra Hordaland fylkesskolestyre, derfor sto ikke astrofysikk på seminarets program. I dette emnet ligger også et åpenbart behov for etterutdanning. Man kan undre seg (for å si det høflig) over at RVO ikke har sett noe særlig ansvar for å pålegge fylkesskolestyrene å gi etterutdanning, når RVO innfører en så vidtfavnende ny fagplan. De vet vel omtrent hva fysikklærere har studert?

Dette seminaret var åpent for lærere i Hordaland og Sogn og Fjordane. Kanskje flere fylker har underernært sine fysikklærere i denne sammenheng? Skolelaboratoriet i Oslo gjør sitt, med en ukes kurs i november med etterutdanning for ny fagplan. En del fylker (ikke Hordaland) løser vel sitt ansvarsproblem ved å yte støtte til deltakere her. Det vil være interessant å få opplysninger om tilstandene landet rundt, så send gjerne en melding til styret i NFS' gruppe for undervisning, ved

Ingerid Hiis Helstrup, Langhaugen skole, 5030 Landås.

RAPPORT FRA PANIC 84

I dagene 30. juli-3. august sommeren 1984 ble konferansen PANIC 84 avviklet i Heidelberg. Betegnelsen PANIC låter drastisk, men innebærer ikke noe annet enn en velvalgt kortform for *Particles and Nuclei - Tenth International Conference.* Conference Chairman var *professor Gisbert Freiherr zu Putlitz,* mens International Advisory Committee Chairman var *professor Bogdan Povh.* Det er ikke for mye sagt at disse to satte sitt sterke preg på hele konferanseopplegget. De hadde ansvaret for det faglige nivået og så til at samtlige forhandlinger og øvrige sosiale aktiviteter foregikk i en behagelig atmosfære av tysk Effizienz und Gemütlichkeit. De to Chairmen's innsats er så mye mer imponerende som at begge ikke bare er uvanlig sterkt engasjerte fysikere, men også belastet med omfattende administrative plikter, Gisbert zu Putlitz i egenskap av rektor ved Ruperto Carola (d.v.s. Rupert- Karls- Universität Heidelberg) og Bogdan Povh som forretningsførende direktør ved Max-Planck-Intitut für Kernphysik. Videre skylder vi å gjøre merksam på at for tida er Gisbert zu Putlitz også aktivt opptatt med forberedelsene til Ruperto Carola's 600-årsjubiléum høsten 1986.

*) Olav Aspelund, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Til åpningen av PANIC 84 forelå ikke mindre enn to bastante bind Abstracts av samtlige *Contributed Papers.* Nevnte Contributed Papers var ordnet i emnegrupper kjennetegnet med bokstaver fra A til M, mens bokstaven N var reservert for *Post Deadline Contributions.* Utvalgte Contributed Papers ble lagt fram muntlig/skriftlig i tilhørende parallell-/plakat-sesjoner. Parallell-sesjonene begynte vanligvis med en *Convener's Report,* fulgt av én eller flere inviterte *Progress Reports.* Hva angår plenar-sesjonene, hadde en åpenbart foretatt en avveiing av hvilke emnegrupper som skulle tilgodeses med plenar-foredrag. Visse emnegrupper hadde ikke fått noe plenar-foredrag overhodet, mens andre var begunstiget med flere. I så måte gir *Proceedings* klar beskjed, idet *samtlige* plenar-foredrag foreligger trykt. Videre er alle Progress Reports kommet med. Dessverre er bare to Convener's Reports å finne i Proceedings, nemlig A. Faessler's *«Low energy QCD - an introduction»* og F. Boehm's *«Introduction to neutrino mass».* Grunnen til at ikke flere Convener's Reports og ikke et eneste Contributed Paper ble trykt, kjenner vi ikke, men forklaringen kan være så enkel at en ønsket et noenlunde rimelig format på Proceedings. Resultatet ble imidlertid at ikke mindre enn 758 sider gikk med for å få plass til essensen av den visdommen som sommeren 1984 forelå på området partikler og kjerner. Da kom imidlertid de to plenarforedragene i spesial-sesjonen *Nuclear Matter and Cosmophysics* og innleggene i paneldiskusjonen *Quarks and Nuclei* også med. Proceedings er forøvrig perfekt redigert av Bogdan Povh og Gisbert zu Putlitz og inngår som bind *A434* i Nuclear Physics' konferanseserie.

Etter PANIC 84 sitter en igjen med det bestemte inntrykket at en konsistent kjernematerieteori bare lar seg formulere på basis av QCD's kvark-gluon-fenomenologi, og at denne fenomenologien vil bli det sentrale temaet i kjernefysikken i åra som kommer. Riktignok er pionets Compton-bølgelengde fremdeles et adekvat mål på den sterke kjernekraftens rekkevidde, men både nukleonet og pionet har en underliggende kvarkstruktur som det må tas hensyn til i alle seriøse kjernestrukturanalyser. Dette innebærer at også ved lave energier må en være beredt på å støte på kvark-gluon-effekter.

Bruker en så antallet innleverte bidrag til PANIC 84 som indikator på hvor virksomheten er størst, peker tre hovedområder seg klart ut. *Den elektromagnetiske vekselvirkningen* har med sine 75 bidrag en ubestridt ledelse. Dernest kjemper *baryon-kjerne-vekselvirkningen* og *den lavenergetiske QCD* drabelig om henholdsvis annen og tredje plass. Moderne elektronakseleratorer med avansert kringutrustning produserer på rutinebasis data av hittil ukjent nøyaktighet, slik at de tilhørende teoretiske forutsigelsene virkelig blir satt på prøve. Baryon-kjernevekselvirkningen har i det siste fått en ekstra dimensjon, i og med at Bunny C. Clark's undersøkelser har vist at proton-kjerne-spredning ved midlere energier bare lar seg beskrive ved hjelp av en dynamikk basert på Dirac's relativistiske bølgelikning. Vi gjør derfor klokt i å forberede oss på en relativistisk kjernestrukturfysikk. Den store aktiviteten på området lavenergetisk QCD er fullt forståelig, nettopp fordi at en først må finne adekvate ikke-perturbative metoder før QCD's muligheter virkelig kan komme kjernefysikken til gode.

CERN's LEAR var så vidt kommet i gang da PANIC 84 ble avviklet, men de preliminære LEAR-data som ble presentert, vitnet sterkt til fordel for dette anleggets evne til å levere relevant informasjon om kjernens egenskaper. Videre vil akseleratorer som muliggjør relativistiske kollisjoner mellom komplekse kjerner, skape betingelser for dannelse av et såkalt kvark-gluon-plasma, der kvarkene ikke lenger er innestengt i samme forstand som ved mer moderate energier og tettheter. Hvis en faseovergang mellom innestengte og ikke-innestengte kvarker lar seg verifisere eksperimentelt, vil QCD's troverdighet som teori for den sterke vekselvirkningen bli vesentlig styrket. Imidlertid trenger vi også forbedrede akseleratorer av mer konvens-

jonell type for ytterligere å kunne utforske området partikler og kjerner. Det er internasjonal enighet om at hvis den elektromagnetiske vekselvirkningen skal kunne eksploateres maksimalt, må SURA's Continuous Electron Beam Accelerator Facility (CEBAF) bygges så snart som mulig. Beslutningen om at dette akseleratorprosjektet skal realiseres, er for så vidt tatt allerede, men hittil har USA bare bevilget midler til designstudier. Videre trengs det en høgintensitets protonsynkrotron på noen få titalls GeV, slik at en kan få fram intense sekundærstråler av pioner, kaoner, antiprotoner og myoner. En slik maskin er planlagt av akseleratorstaben ved Schweizerisches Institut für Nuklearforschung, men kostnadene viser seg å bli så høge at Sveits alene makter ikke et slikt løft.

Etter PANIC 84 konkluderer vi med at både eksperimentelt og teoretisk er området partikler og kjerner i rask utvikling. Feltet som sådant er vitenskapelig tiltalende, ettersom det forener kunnskap og innsikt fra de veletablerte disiplinene kjernefysikk og partikkelfysikk. Det har imidlertid sin egen identitet med spesifikke problemstillinger og utfordringer, slik at det vil være direkte forkastelig om ikke også vi her i landet koster på oss å bygge opp og vedlikeholde en ekspertise som både nasjonalt og internasjonalt kan markere Norge på området partikler og kjerner.

DEVELOPMENTS IN SECONDARY SCHOOL SCIENCE: AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM

20. july-1. august 1986, York

This international symposium builds on the considerable experience and expertise in science education at the University of York in the field on in-service training, in particular for experienced and senior educators and teachers.

As participants will be conducting their own professional work within different educational, economic, social and political contexts, the primary aim of the symposium will be to identify those areas where decisions have to be made within each sphere of activity considered. This will be achieved through structured discussions and exercises which have been informed by background papers and lectures from course tutors and visiting speakers. The latter will include inspectors and advisers, curriculum developers, teacher educators and research workers, all of whom are involved in the teaching of science in secondary schools.

One of the features of the symposium will be the opportunities given for participants to make contributions. The course organisers will correspond with the participants beforehand to ensure that they are able to prepare material in the most effective way. Through *active* involvement in the symposium, it is hoped that participants will broaden their perspective on their own educational context and resolve those issues which are relevant to them.

TOPICS TO BE COVEREDWILL INCLUDE:

- new science curricula in secondary school
- curriculum design ande evaluation
- evaluation of different procedures for pupil assessment
- use of modern technology in science education (particularly microcomputers)
- impact of research on developments in school science teaching
- changing demands for staff development
- links between industry and science education
- science as a general education: education through science
- the role of national and international agencies in science and education.

Applications should be made to:
The British Council
Fridtjof Nansens plass 5
0160 Oslo 1

NORSK FORENING FOR KUNNSKAPSTEKNOLOGI STIFTET

Norsk Forening for Kunnskapsteknologi ble stiftet den 30.10.85 i et møte på Norsk Regnesentral, der over 50 interesserte var tilstede.

Kunnskapsteknologi er det fagområdet som på engelsk heter «Artificial Intelligence». Det har sin basis i databehandling og kunnskap om kognitive prosesser. Det er tverrfaglig ved at kunnskap og innsikt fra kybernetikk, kognitiv psykologi, logikk, lingvistikk, filosofi og sosiologi inngår både i det metodiske grunnlag og i anvendelser.

Fagområdet omfatter bl.a. kunnskapsakkvisisjon og -representasjon, ekspertsystemer, robotikk, mønstergjenkjenning, programsyntese, logikkprogrammering samt maskinell bevisføring, læring og behandling av naturlig språk.

Foreningens formål er å fremme faglig kompetanse og interesse for sitt fagområde ved:

- å arrangere medlemsmøter, seminarer og konferanser
- å arbeide for utvikling av undervisningstilbudet i fagområdet
- å medvirke til informasjonsutveksling og kunnskapsutvikling i fagområdet, bl.a. ved å utgi et medlemsblad.

Det ble valgt et styre på fem personer fra forskningsmiljøer og bedrifter i Oslo, Bergen og Trondheim.

Enkeltpersoner, bedrifter og institusjoner kan være medlemmer.

Opplysninger om medlemskap m.m. kan fåes fra foreningens
Formann: Rolf Nossum, Computas Expert Systems, (02) 47 78 22.

STORTINGET 1885

I 1885 hadde Østbanen og Vestbanen i Kristiania kvar si tidsrekning. Østbanen hadde Kristiania-tid, medan Vestbanen hadde Drammens-tid.

Tidsforskjellane frå landsdel til landsdel skapte store problem etter som kommunikasjonane vart forbetra over heile landet.

Dette førte til at Stortingsrepresentanten Blehr kom med eit framlegg om «Fastsættelse af en fælles Middeltid for det hele Land.» Framlegget vart sendt til Jernbanekomiteen som la fram innstilling den 24. mars 1885. Den 8 april same året vart saka tatt opp i Stortinget. Fram til den tida hadde ein rekna tida etter soltida for den einskilde stad. Når sola stod i sør var den tolv på formiddagen, og slik rekna ein tida over heile landet, utan å ta omsyn til at det var ein skilnad i lokaltid mellom den austlegaste og vestlegaste delen av landet på heile 107 minutt. Jernbanekomiteen som vurderte framlegget frå Blehr meinte: «Vort Lands store Udstrækning gjennom flere Graders Længde gjør en for flere Steder betydelig Tidsforskel, og der kan saaledes efter Komiteens Mening ikke være Tale om at fastsætte en i retslig og borgerlig Henseende gjeldende fælles Middeltid for det hele Land. Den tror heller ikke, at en saadan Foranstaltning for enkelte Dele af Landet paakaldes af Nødvendighed.» Komiteen gjekk deretter samrøystes inn for å oversende framlegget frå Otto Blehr til regjeringa.

I Stortingsmøtet den 8. april gjorde Otto Blehr merksam på at England, Skotland og Sverige hadde innført middeltid for heile landet. Han viste til rotet det førte med seg når ein hadde forskjellige tider frå stad til stad både når ein skulle reise med tog, dampskip og når ein skulle sende telegram. Eit telegram som vart sendt frå ein telegrafstasjon like før stengetid på vestlandet kunne t.d. ikkje kome fram fordi kontoret på austlandet var stengt når telegrammet kom fram.

Etter innlegget til Otto Blehr, vedgjekk formannen i Jernbanekomiteen, Havig, at det kunne vere praktiske vanskar med alle tidsforskjellane og sa at komiteen ikkje hadde vore sakkunnig nok til å ta eit endeleg standpunkt.

Etter denne korte debatten vart saka sendt over til regjeringa, og dermed hadde Stortinget starta ei sak som kom til å vare i ti år.

Det skjedde ikkje noko meir med framlegget frå Otto Blehr i 1885, men ti år seinare, i 1895 fekk vi omsider ei felles tidsrekning i Noreg som jamvel var i samsvar med internasjonale avtaler.

Fra Dag og Tid 12. des. 1985.

DEN 16. INTERNASJONALE FYSIKKOLYMPIADE FOR SKOLEELEVER

Med deltaking fra Setesdal til Svalbard ble første uttaksprøve avholdt i november i fjor, og 43 elever fra 23 skoler uttatt til neste prøve. Denne ble holdt i mars og resulterte i følgende uttak: Finn Dag Buø, Eikeli v.skole, Oslo, Marius Dalin, Persbråten v.s, Oslo, Øystein Olsen, Øvrebyen v.s., Kongsvinger, Gunnar Rustad, Elverum v.s., Dag Ove Schnell, Tranberg v.s., Gjøvik, med reserven Tor Høisæter, Røyken v.s.

De fem uttatte sammen med VH og IHH reiste til Portoroz i Jugoslavia og hadde en krevende men samtidig hyggelig og opplevelsesrik uke. Det er andre gang Norge deltar i den internasjonale fysikkolympiaden. I år deltok 20 land, de fleste fra Europa - både øst og vest. Oppgavene var artige, men enkelte av de teoretiske spørsmålene var ubesvarelige ut fra våre gymansiasters kunnskaper. Andre gikk bedre, og Øystein Olsen, som klarte seg best av våre fem, scoret fullt hus på den ene av de tre. Medalje holdt det ikke til, men to små poeng fra «honorable mention» var han.

Slik situasjonen også er for de norske deltakerne i kjemi-olympiadene, kan vi ikke vente at våre skal hevde seg i toppen, fordi det norske fysikkpensum er mindre enn i de fleste andre land, og fordi de ikke får noen spesiell forhåndstrening (som mange av de andre får). Men elevene har åpenbart utbytte både faglig og sosialt, og setter pris på å delta. Det viktigste er kanskje likevel den breddevirkning i stimulans til innsats i fysikkfaget som følger med de to hjemlige opptaksprøvene.

Dette skoleåret vil vi derfor gjennomføre to prøver, som i fjor, selv om det ennå ikke er klart om det lykkes England å arrangere olympiade til sommeren. Penger er hovedproblemet for englenderne. Det har også vært problematisk å skaffe reisepengene som skal til. I år fikk vi støtte fra Aanderaa Instruments, Rogalandsforskning, Simrad Optronics, NAVF og KUD, som vi herved takker hjertelig for tilskuddene.

Vidar Horsfjord og Ingerid Hiis Helstrup.

TEORETISKE OPPGAVER FOR DEN 16. INTERNASJONALE FYSIKKOLYMPIADE

OPPGAVE 1.

En ung radioamatør lager radioforbindelse med to jenter som bor i hver sin by. Han bruker to vertikale antenner som sender i alle retninger horisontalt. Han plasserer dem slik at jenta i by B ikke mottar noe signal når jenta i by A mottar et optimalt (best mulig) signal, og omvendt.

a) Finn parameterne til antennesystemet, dvs. avstanden mellom antennene, orienteringen av antennesystemet, og faseforskjellen mellom de elektriske signalene som tilføres antennene, for det tilfellet at avstanden mellom antennene er minst mulig.
b) Finn den numeriske løsningen hvis gutten har en radiostasjon som sender på 27 MHz og setter opp antennesystemet nær Portoroz. Fra kartet har han funnet at vinkelen mellom nord og retningen til A (Koper) og til B (den lille byen Buje på Istria) er henholdsvis 72° og 157°.

Oppgave 2

En lang stav er laget av halvlederstoffet InSb. Den har sideflater vinkelrett på grunnflaten og på hverandre, og har sidekantene a, b og c (a>>b>>c). Gjennom den går en strøm I parallelt med sidekanten a. Staven er i et ytre magnetfelt B som er parallelt med sidekanten c. Magnetfeltet som skyldes strømmen I er uten betydning. Ladningsbærerne er elektroner.

I en halvleder som er påvirket av et elektrisk felt, er middelfarten til elektronene v = uE, der u kalles mobiliteten. Hvis halvlederen også påvirkes av et magnetfelt, vil ikke det totale elektriske feltet lenger være parallelt med strømmen. Dette fenomenet kalles Hall-effekten.

a) Bestem størelse og retning til det totale elektriske feltet som gir det strømbildet som er beskrevet ovenfor.
b) Regn ut potensialforskjellen mellom motsatte punkter på sideflatene av staven langs retningen til sidekanten b.
c) Finn et uttrykk for likestrømskomponenten av potensialforskjellen i tilfelle b) dersom strøm og magnetfelt varierer slik: $I = I_o \sin \omega t$ og $B = B_o \sin(\omega t + \varphi)$.
d) Gjør greie for en elektrisk krets som kunne utnytte resultatet i c) til å muliggjøre målinger av effektforbruket i et elektrisk apparat tilsluttet vekselstrømsnettet.

Bruk følgende data:
u (elektronmobiliteten) i InSb er 7,8 m^2/Vs.
Tettheten av ledningselektroner i InSb er 2,5 . 10^{22} m^{-3}.
I = 1,0 A, B = 0,10 T, b = 1,0 cm, c = 1,0 mm, e = 1,6 . 10^{-19} C.

Oppgave 3.

I et romforskningsprosjekt diskuteres to metoder som kan brukes til å sende en romsonde ut av solsystemet. Den første metoden (i) består i å sende ut sonden med fart stor nok til å forlate solsystemet direkte. Ved den andre metoden (ii) nærmer sonden seg en av de ytre planetene, og ved hjelp av denne forandrer sonden bevegelsesretning og får den nødvendige fart til å unnslippe solsystemet. Anta at sondens bane er påvirket av gravitasjonsfeltet til sola eller planeten, etter hvilket av disse feltene som er sterkest på stedet.

a) Bestem den minst mulige fart for sonden, og den retningen den da må ha i forhold til jordens fart, for at sonden skal unnslippe solsystemet etter metode (i).

b) Anta at sonden er sendt ut i den retningen du har funnet i a), men med en annen fart v_b i forhold til jorda. Bestem farten til sonden når den krysser Marsbanen, dvs. normal- parallellkomponenten til farten i forhold til denne banen. Mars er ikke nær krysningspunktet når kryssingen skjer.
c) La sonden komme inn i gravitasjonsfeltet til Mars. Finn den minst mulige utskytningfart fra jorda som er nødvendig for at sonden skal unnslippe solsystemet.
Hint: Fra resultatet i a) kjenner du den optimale størrelse og retning for farten til sonden som trengs for å unnslippe solsystemet etter å ha forlatt gravitasjonsfeltet til Mars. (Du behover ikke bry deg om den nøyaktige posisjonen til Mars under passasjen.) Finn sammenhengen mellom denne farten og fartskomponentene før sonden kommer inn i gravitasjonsfeltet til Mars, dv.s de komponentene du bestemte i b). Hva med energibevaring for sonden?
d) Beregn den størst mulige relative energisparing etter metode (ii) i forhold til metode (i).

Merk: Anta at alle planetene går rundt sola i sirkelbaner, i samme omløpsretning og i samme plan. Se bort fra luftmotstand, jordas egenrotasjon, og den energi som trengs for å komme løs fra jordas gravitasjonsfelt.
Data: Jordas fart rundt sola er 30 km/s, og forholdet mellom avstandene jord - sol og Mars - sol er 2/3.

Bøker

«Geochemical thermodynamics» av Darrell Kirk Nordstrom, N. J. Geological Survey and James L. Munoz, University of Colorado. The Benjamin/ Cummings Publishing Co., Inc. (1985).

En rekke lærebøker i geokjemi eksisterer, hvor termodynamikk utgjør en liten eller ubetydelig del. Det har vært antatt at geologer og geokjemikere kunne tilegne seg de nødvendige kunnskaper i kjemisk termodynamikk ved å følge undervisningen i de relevante kjemi-kurser. Forfatterne mener dette ikke fungerer i praksis. Derfor prøver de å integrere grunnleggende kjemisk termodynamikk og geokjemi samme lærebok.

Boken er primært skrevet for hovedfagstudenter i geokjemi og geologi samt for bruk i mer avanserte kurser i petrologi og vann-geokjemi.

De første ca. 250 sidene er hovedsakelig grunnleggende kjemisk termodynamikk, mens de neste ca. 100 sidene er geokjemiske anvendelser på minerallikevekter. Deretter følger ca. 50 sider med stoff om målemetoder, estimering og feilgrenser i forbindelse med termodynamiske data. Dessuten er boken utstyrt med et rikholdig appendix bestående av nyttige data, matematikk og henvisninger til relevante regnemaskinprogrammer, samt 400 referanser til originallitteratur.

Det er min mening at forfatterne har lykkes med forsøket på å integrere termodynamikk og geokjemi i samme lærebok. Boken er hermed anbefalt.

Reidar Stølevik

Proceedings of the VIth international workshop on photon-photon collisions, Granlibakken, Lake Tahoe, California, September 10-13, 1984, R. L. Lander World Scientific.

Eksperimentell to-foton-fysikk gjøres i dag hovedsaklig i e^+e^--lagringsringer. Å la to reelle fotonstråler kollidere er svært vanskelig, pga. alt for liten luminositet. Et annet alternativ er å studere tofoton-prosesser via Primakoffeffekten (spredning av høyenergetiske fotoner i Coulomb-feltet til en kjerne). Storparten av eksperimentelle resultater i tofoton-fysikk kommer imidlertid fra e^+e^--maskiner, og er prosesser av typen $e^+e^- \rightarrow e^+e^- X$, der X er det produserte system (f.eks. resonanspartikkel eller fermionpar). Tofotonfysikken blomstret for alvor opp i 1979 med eksperimenter ved lagringsringene SPEAR, PETRA, PEP, DCI og DORIS.

Sammen med studiet av resonansproduksjon, er testing av perturbativ QCD et av de mest spennende felt som blir undersøkt i tofoton-fysikken.

Boka inneholder en grei oversiktsartikkel av Herman Kolanoski: «A Survey of two-photon physics. What have we done, where are we going?», mens resten av artiklene er av mer spesiell karakter. Det er en jevn fordeling mellom eksperimentelle og teoretiske bidrag, og mitt inntrykk er at kontakten mellom eksperiment og teori er god innenfor tofoton-fysikken. Boka er rikelig forsynt med henvisninger.

Martin Landrø

Institutt for energiteknikk

KURSSENTERET

KURS I DATABEHANDLING VÅREN 1986

7.04-21.04	PASCAL
21.04-25.04	INNFØRING I EDB - II (ekstrakurs)
26.05-06.06	FORTRAN (ekstrakurs)

Det vises også til Forbruker- og administrasjonsdepartementets kurskatalog for 1985.

KURSAVGIFTEN ER kr.2.500,- pr. uke for deltagere fra offentlige institusjoner
kr. 3.750,- 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

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim - NTH.

Norsk Fysisk Selskap

STYRE:
Formann: Professor E. Osnes, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo
Vise-formann: Professor R. S. Sigmond, NTH, Trondheim
Styremedlemmer:
Førsteamanuensis O. Havnes, Universitetet i Tromsø
Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo
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:
Førsteamanuensis Knut Jostein Knutsen
Granlivn. 24, Ugla, 7000 Trondheim
Førsteamanuensis Hans Kolbenstvedt
Fysisk Institutt, AVH
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

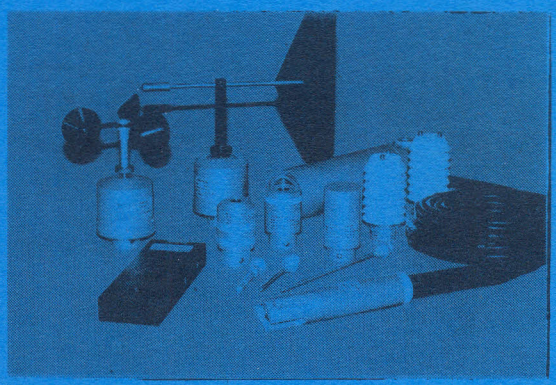
Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 70,-. Årsabonnement for studenter og skoleelever kr. 35,-.

Sekretær:
Gudrun Græsmann.

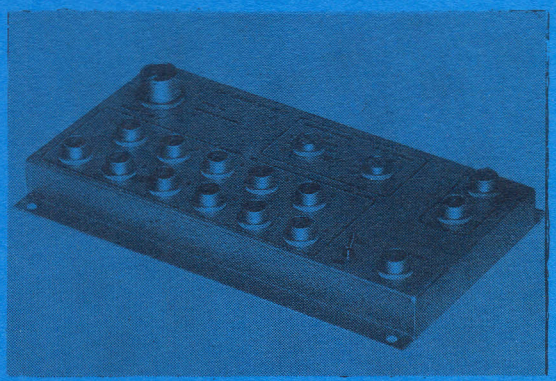
Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk Institutt, Universitetet i Trondheim, AVH
7055 Dragvoll

Postgirokonto: 5 10 47 24
Bankgirokonto: 8601.36.12279
Tlf. (07) 92 04 11, linje 134

Automatiske målinger av miljödata



STANDARDISERTE SENSORER for:
vindstyrke og -retning
lufttrykk
lufttemperatur
solstråling
relativ fuktighet
vannivå
regnfall
konduktivitet i væsker



SENSOR PLUG-IN BOARD 3010:
En kompakt, vanntett enhet som leser et sett Aanderaa-sensorer og gir ut data i 10-bits Aanderaa-kode og som ASCII-kodete RS 232 signaler.

AANDERAA INSTRUMENTS
DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

FANAVEIEN 13 B
P.O. BOX 160
5051 BERGEN, NORWAY
TEL.: (05) 13 25 00
TELEX 40049

OSEANOGRAFISKE OG METEOROLOGISKE MÅLEINSTRUMENTER

Offset-Sats a/s
Trondheim