Fra Fysikkens Verden

Nr. 2 - 1990
52. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Innhold

Olav Skipnes:
HOLOGRAFI – det tredimensjonale mediet 33

Olav Steinsvoll:
Rondablikkseminaret i kondenserte fasers fysikk og kjemi 1989 35

Tommy Øvergård:
KVARKSTJERNER – en ny type kompakte stjerner 39

Fra Redaktørene 30
FFV-Gjest: **Einar Steensnæs** ... 30
In Memoriam: William Shockley .. 31
FFV gratulerer 32
NFS Fysikkonkurranse 1990 44
Trim i FFV 45
Kommentar II til trimløsning 46
Hva skjer 47
Bokanmeldelser 47
NFRs årsberetning 1989 48
Nytt fra NFS 49

Møtekollisjoner
Nye medlemmer

Holografi – det nye mediet. Se artikkel

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Denne gangen drister vi oss frampå med noen betraktninger om universitetspolitikk, eller rettere sagt; om noen av de konsekvenser den har fått, slik vi opplever det på grasrota. Mange av våre lesere, de som befinner seg omtrent på samme rot som oss, vil sikkert kjenne seg igjen. Men, som redaktører har vi den drøm at en og annen politiker under en avisstreik skulle nøye seg med FFV istedet for den daglige aftenpost.

Vi opplever i disse dager et ganske alvorlig paradoks. Bevilgningene til universitetene har økt, det har vi lest om i Aftenposten. I tillegg har universitetene fått større frihet til å disponere sine midler. Rammebevilgninger heter det. Og til å begynne med hadde også vi forventninger til en tilstandsforbedring. Mulighetene var mange. Store behov for fornyelse nær sagt i folk så vel som fe har lenge vært dokumentert i en stadige strøm av utredninger.

Forgubbingsproblemet løses kun ved fleksibel bruk av lønnsbudsjett og stillingsfilosofi, instrumentfornyelse krever kort og godt blanke kroner. Da nevner vi ikke bagateller som dryssende murpuss og halte kontorstoler, som fysikere er vi vant til provisorier med "tape og hyssing".

– Og her kommer paradokset: for andre år på rad opplever vi en økende innstramming på så vel lønns- som utstyrsbudsjett. Lønnsbudsjettet på "rota" vår i Oslo er i år ytterligere strammet inn til ca. 11 %, utstyrsposten er omtrent halvert.

Heldigvis har vi et ben i flere kulturer, og kan søke trøst og inspirasjon i litteraturen. Vår lidelsesfelle og forbilde i denne situasjonen finner vi i hesten Boxer i Orwells berømte roman "Animal Farm". Som kjent ble "farmen" overtatt av dyrene, som i en kort periode etter revolusjonen levde lykkelige i sin flate struktur, inntil grisene overtok. Vi nøyer oss her med kun én av flere mulige fristende paralleller:

Hver gang grisene proklamerte en ny innstramming, senket hesten Boxer sitt store hode og sa: "I'll work harder".

Vårt problemet er bare at vi har lest hele boka og kjenner Boxers skjebne; han ble til slutt solgt til pølsemakeren, det var ikke plass til ham og hans havrebehov i grisenes planer. (Grisene var antakelig heller ikke kjent med termodynamikkens første hovedsetning (vår anmerkning)). Vi vet ikke riktig hvem og hvor *vår* pølsemaker er, men vi har en liten gryende mistanke; det skulle vel ikke være en eller annen forskningspark?

∞

FFV – Gjest: Einar Steensnæs

Dagens gjest i FFV, utdannings og forskningsminister Einar Steensnæs, er hovedfagsfysiker fra Blindern:

Oss fysikere imellom !

En sak var jeg sikker på da jeg forlot gymnaset tidlig på 60- tallet: Jeg ville studere fysikk !

Når en ser tilbake, er det kanskje litt overraskende at Bruun & Deviks fire bøker, med en nitid beskrivelse av sinnrik apparatur beskrevet ned til minste detalj med kolber, rør, viser, hane mm., kunne påkalle noen særlig interesse for faget. Men det gjorde de altså ! I ettertid må jeg nok tilskrive min fysikklærers smittende begeistring for de små "oppdagelser" en god del av æren for at fysikktimene opplevedes anderledes og spennende. Som f.eks. når kula fra den selvkonstruerte kanonen smalt i veggen på foreskreven plass etter lovene for skrått kast. Eller når den lineære utvidelseskoeffisienten for messing lot seg bestemme med en enkel, men sinnrik apparatur med imponerende nøyaktighet. Det føltes som en seier - ny erkjennelse og ny innsikt i naturlovene.

Inspirert av Sputniker og Discoverer, de første russiske og amerikanske romraketter, strømmet studentene til fysikkstudiene som aldri før. Jeg var en av dem. Det skapte nok endel administrative problemer, men det meste ble taklet på en forbilledlig måte. Vi hadde en interessant studietid.

Hvor er det så blitt av alle disse kandidatene ? Endel kvalifiserte seg til videre forskningsoppgaver. Mange gikk inn i skoleverket. Til min forbauselse har jeg etterhvert registrert at ikke få har gått inn i oppgaver som ikke uten videre har noen tilknytning til faget. Jeg har møtt dem igjen som personalsjefer, adm. direktører, byråsjefer, ekspedisjonsjefer - og nå altså også som statsråd ! Hvilket bare understreker fagets allmenndannende karakter.

Våren 1991 legger regjeringen fram en stortingsmelding om virksomheten ved universitet og høgskoler. En rekke meget viktige problemstillinger for en fornuftig samordning og anvendelse av ressurser til høgre utdanning og forskning vil bli drøftet der. Ikke minst vil Hernes-utvalgets tenkning omkring et Norgesnett, der høgskoler og universitet inngår som knutepunkter for kompetanseutvikling på definerte områder, måtte konkretiseres nærmere. I dette nettverket befinner selvfølgelig også fysikkfaget seg i nærmere angitte posisjoner. Lærerutdanningsmeldinga, som nettopp passerte statsråd, legger opp til at det 4. året i stor utstrekning skal kunne nyttes til faglig fordypning og spesialisering. Dermed byr det seg også en mulighet for å tilføre norsk grunnskole flere lærere med fagkompetanse i fysikk. Det kan nok trenges - særlig på ungdomstrinnet !

Hallo, er det noen der ute i Norgesnettet som hører ??

∞

In Memoriam

Minneord om William Shockley 1910 - 1989.

Alexander M Poniatoff, Professor of Engineering and Applied Science, Emeritus, Stanford University, and Executive Consultant, Retired, Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, New Jersey.

Den 12. august 1989 døde William Shockley av kreft etter to års sykdom. Med Bill Shockley er en av transistorens oppfinnere gått bort.

Shockley var født i London, men vokste opp i California. Han gikk på Hollywood High School, og fikk sin doktograd i 1936 ved MIT i Boston. Temaet var en teoretisk studie av overflatetilstander basert på Tamms klassiske modell fra 1932. Han ble ansatt ved Bell Telephone Laboratories (BTL), og allerede i 1940 hadde han foreslått en forsterker basert på kopperoksyd likerettere. Under den andre verdenskrigen arbeidet han med militære forskningsproblemer. Tilbake ved BTL samlet HAN en enestående gruppe forskere som hadde som mål å "finne opp" en faststoff forsterker. Hensikten var å erstatte releer og å unngå radiorørets vakuum og varme katoder i telefonsystemer.

Shockley satte igang krystallgroing av germanium, datidens mest kjente halvleder, og silisium. Bardeen publiserte et arbeid om energi-båndbøying på grunn av overflatetilstander i 1947. Under eksperimentell testing av denne teorien var det at punktkontakt- transistoren ble oppfunnet av Bardeen og Brattain i desember 1947. Shockley laget så en teoretisk modell for denne komponenten og foreslo en bedre p-n-p og en komplementær n-p-n struktur som var lettere å lage enn den ustabile punktkontakt-transistoren. En oppdatert teori for p-n overgangen ble skrevet av Shockley, Pearson og Haynes. Den ble først avvist av Physical Review, men senere publisert i Bell System Technical Journal 1949. Dette arbeidet er trolig hovedgrunnen til at Shockley fikk Nobeprisen i fysikk sammen med Bardeen og Brattain i 1956. Samtidig med dette skrev Shockley sin klassiske bok "Electrons and Holes in Semiconductors" som kom ut i november 1950.

I begynnelsen av 1950-årene var Shockley den amerikanske presidents rådgiver i arbeidskraftspørsmål. I 1954 dannet han Shockley Semiconductor Laboratory i Palo Alto, California. Denne kommersielle bedriften er kimen til det som senere ble Silicon Valley. Shockley ble professor i "engineering science" ved Stanford University i 1963, en stilling han hadde til han ble professor emeritus i 1975.

Der er mange anekdoter om denne omstridte vitenskapsmannen. Han var en spesiell personlighet som hadde en betydelig grad av selvsentrering. Dette gjorde det nok vanskelig å samarbeide med ham, og kanskje verre å arbeide under ham. De tolv unge menn han samlet i bedriften sin i Palo Alto orket bare noen korte år før de gikk sine egne veier. Den mest kjente utbrytergruppen var de åtte som sammen dannet Fairchild Semiconductors i 1957. Om Shockley Semiconductor Laboratory er kimen til Silicon Valley's slektstre, så er Fairchild Semiconductors selve roten. Men dette er en annen historie. Bill Shockley solgte bedriften sin i 1960. En stor del av sin vitenskaplige kraft satte Shockley inn på studier av intelligens kvotient (IQ) tester på en utvalgt befolkningsgruppe av negroid bakgrunn. Hans hensikt var å vise at denne befolkningsgruppen trengte hjelp, både sosialt og medisinsk, fordi de var mindre fordelaktig genetisk disponert. Han hevdet selv at all den motstand som han fikk og den personlige forfølgelse han ble utsatt for, skyldtes for en stor del at hans motstandere ikke satte seg inn i de skrifter han ga ut om temaet. Han ble ofte feilsitert. Dette førte til den berømte lydbåndopptageren som han alltid hadde med under samtaler med journalister og faglige motstandere.

For egen del vil jeg si at siden jeg møtte Bill Shockley for første gang tidlig på 1970-tallet, har han vært en god samtalepartner med stor interesse for det faglige problemer jeg og mine kollegaer på Standford og NTH, var opptatt av. Til tider har hans egne arbeider med IQ-spørmål dukket opp, men det har aldri vært ubehagelig å lytte til hans synspunkter. Han deltok i 1978 ved Nordisk Halvledermøte på Røros. Der fortalte han om transistorens oppdagelse og bidro med et originalt arbeid: "Do Dislocations Hold Technological Promise?", som ble publisert i Solid State Technology i januar 1983. De som var med på Røros fikk se den Shockley som jeg alltid vil huske. Den slagferdige og skarpsindige forsker i faglig debatt, og den koselige underholder og tryllekunstner i peiskroken. Hans andre hustru Emmy var med på Røros. Hun var ikke bare hans livsledsager, men kollega og sekretær i mange år. Hun savner ham dypt og inderlig og mange med henne vil savne den kraftkilde som nå er uttømt. Han etterlater seg to sønner og en datter fra første ekteskap. Vi lyser fred over William Shockleys minne.

For den som ønsker å sette seg inn i begivenhetene omkring BTL i 1947 og 1948 og Shockley's arbeider anbefaler jeg å lese:

- *IEEE ED-23 July 1976, Special Issue: Historical Notes on Important Tubes and Semiconductor Devices.*
- William Shockley: *Electrons and Holes in Semiconductors. With Applications of Transistor Electronics.* D. Van Nostrand Company, Inc. 1950.
- William Shockley: *Transistor Technology Evokes New Physics.* Nobel Lecture, December 11, 1956. Les Prix Nobel En 1956, R-78.5, Stockholm 1957.
- William Shockley: *Do Dislocations Hold Technological Promise?* Solid State Technology, January 1983.

Adm. direktør
Jan S. Johannessen
Høyteknologisenteret i Bergen

∞

Alt har sin forklaring....

"Yo, Mike!"
"Yeah, Gabe?"
"We got a problem down on Earth. In Utah."
"I thought you fixed that last century!"
"No, no, not that. Someone found a security problem in the physics program. They're getting energy out of nowhere."
"Blessit! Lemme look...
<tappity clickity tappity >
Hey, it's there all right!
OK, just a sec...
<tappity clickity tap..save...compile>
There, that ought to patch it. Dist it out, wouldja?"

-Fusion, 1989

(Source: finger bostic@okeefe.berkeley.edu)

FFV Gratulerer

Utmerkelser til Jens Feder og Torstein Jøssang.

Norges Allmennvitenskapelige forskningsråd har besluttet å gi en utmerkelse på 2,5 millioner kroner over fem år for "fremragende forskning". I år gjøres dette for annen gang, og blant andre to fysikere, Jens Feder og Torstein Jøssang, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, har meget velfortjent mottat denne utmerkelsen. De to fysikerne er vel kjent for sitt fremragende arbeid innen mange områder av materialvitenskap og kondenserte fasers fysikk. Utmerkelsen er spesielt gitt for fremragende forskning innen topologisk uordnede strukturer og transport i porøse media. Ved Fysisk institutt i Oslo har de to bygget opp en stor internasjonalt velrenomert gruppe som i dag teller ca. 25 personer, med støtte bl.a. fra Statoils VISTA program. FFV Gratulerer!

En god ting kommer sjelden alene - ikke før var nyheten om NAVFs utmerkelse kommet før vi også fikk vite at Jens Feder er utnevnt til "Fellow of the American Physical Society" for "his contributions to Theories and Experiments on Structural Phase Transistions an on Fractals in Aggregates and in Porous Media". Denne utmerkelsen gis hvert år til noen meget få fremragende forskere som har "bidratt med orginalt arbeide til fysikkens fremgang".

Og om ikke dette var nok – Jens Feder og Torstein Jøssang har nylig også fått Fridtjof Nansens belønning for sin forskning. Denne utmerkelsen deles ut av Det Norske Vitenskapsakademi.

Alt i alt, omfattende og velfortjent heder til to av våre aller fremste fysikere som har bidratt sterkt til å plassere norsk fysikk generelt og norsk faststoffysikk spesielt på verdenskartet.

Pris til Kjell Johnsen, CERN

The American Physical Society har nylig gitt Robert R. Wilson – prisen til Kjell Johnsen. Denne prisen gis for fremragende innsats i partikkelakselerator fysikk. Kjell Johnsen, som nå er pensjonert, har i mange år arbeidet med akselerator "design" ved CERN. Han fikk prisen for sin ledende rolle i "design", bygging og kjøring av CERNs "Intersecting Storage Rings".

IBMs pris 1990 til Arne T. Skjeltorp.

Under Fysikermøtet i Tromsø i år vil IBMs pris i kondenserte fasers fysikk deles ut for første gang. Norsk Fysisk Selskap har hatt en komité med prominente internasjonale medlemmer, som enstemmig har valgt Arne Skjeltorp som den første prisvinneren.

Arne Skjeltorp, som er forsker ved Institutt for energiteknikk og Professor II ved Universitetet i Oslo, er midt i en lang og imponerende vitenskapelig produksjon. Hans eksperimenter er av aller første klasse, og de har satt spor av seg langt inn i teoretikernes rekker. Hans pionérarbeide med med å bruke Uglestadkuler som et eksperimentelt modellsystem for kondenserte fasers fysikk, statistisk fysikk og materialfysikk er kanskje det videst kjente eksempel på hans orginalitet og kreativitet.

Arne Skjeltorp gis også stor anerkjennelse av komitéen for hans mange forslag til anvendelse av de muligheter han og andres grunnforskning har gitt. NFS gratulerer !

Arne Graue deler pris for fremragende universitetsledelse.

Arne Graue, kjernefysiker i Bergen, og nylig avgått som rektor, har sammen med universitetsdirektør Magne Lerheim mottatt en pris fra den vesttyske Bertelmannstiftelsen for kreativ og vellykket universitetsledelse. Den faglige og den administrative universitetsleder i Bergen deler prisen med Universitetet i Warwick i Coventry, England. Vi gratulerer!

∞

HOLOGRAFI
– det tredimensjonale mediet

Olav Skipnes *

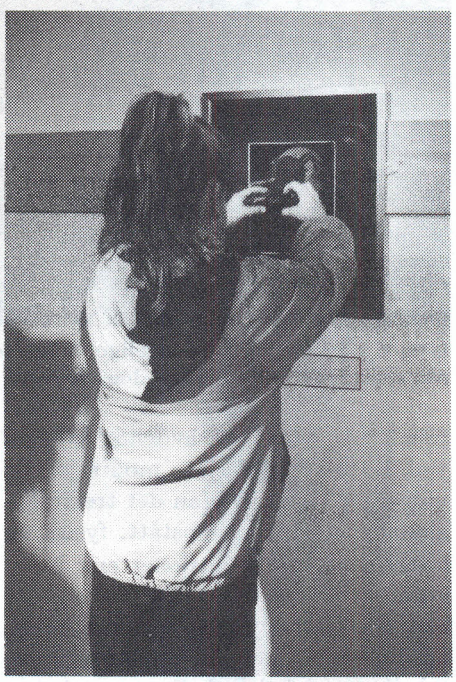
På malerier, tegninger og andre bilder har menneskene gjennom tidene prøvd å gjengi den tredimensjonale virkelighet mer eller mindre sannferdig. På flere måter har en prøvd å oppveie for den todimensjonale flatens manglende tredje dimensjon.

Alle kjenner vel metoden med blekere farger i bakgrunnen, og vi kjenner linjeperspektivet. Picassos ansikter som samtidig ses både forfra og fra siden, er en annen variant.

Stereoskopet fra begynnelsen av 1800-tallet var den første tekniske innretning som ble brukt for å oppnå dybde i et bilde. En betrakter her to tegninger av motivet hvor perspektivet i de to er litt forskjøvet, slik de to bildene vi får på netthinnene våre er det når vi betrakter et romlig motiv. Den samme teknikken ble senere brukt i stereofotografi og tredimensjonal film og TV.

Det første hologram så dagens lys i 1949. Det skjedde i Skottland under forsøk på å forbedre bildet i elektronmikroskopet. Den ungarsk-fødte elektroingeniøren Dennis Gabor sto bak. Men enda i mange år var det umulig å lage gode hologrammer for synlig lys; en egnet lyskilde fantes enda ikke. Den kom med laseren i 1960, og fra da av skjøt utviklingen av det holografiske bildet fart. I 1971 fikk Gabor nobelprisen i fysikk for sitt arbeid.

Laseren, med sitt koherente lys, var i utgangspunktet nødvendig både for produksjonen og betraktningen av et hologram. Men ganske snart ble det utviklet varianter som kunne ses i vanlig hvitt lys. Dette var nåløyet som holografien som visuelt medium måtte gjennom, og nå var veien åpen til utstillinger, messer og de tusen hjem. I 1970 ble den første holografiutstillingen vist i USA, og året etter åpnet den første holografiskolen. I 1976 ble Museum of Holography grunnlagt i New York, året etter sendte de den første holografiutstilling til Europa, nærmere bestemt Stockholm. Senere har vi fått faste utstillinger/museer i mange land, deriblant Sverige og Danmark. I Norge har bare temporære utstillinger vært vist hittil, den siste på "Tusenfryd" sommeren 88.



Liv har her lagt øyet på okularet til det holografiske mikroskopet, og "fokuserer" for å få bildet av objektet helt klart.

Først 41 år etter at Gabor laget sitt første hologram, fikk Norge sin faste utstilling for holografi. Den kalles Interferens Holografi og ligger på museumsområdet på Domkirkeodden i Hamar. En adjunkt og en lektor fra det lokale skoleverket står bak tiltaket. De driver også et lite laboratorium for produksjon av hologrammer.

Hva er holografi?

De fleste sender en et vantro og granskende blikk når en forteller at en driver med holografi. Pornografi? spør de etter en tenkepause. Dette illustrerer ganske godt hvor utbredt kjennskapet til fenomenet holografi er blant folk flest. En kort orientering om fenomenet kommer en derfor ikke utenom i en artikkel som denne.

Ordet holografi betyr "tegning av det hele". Det kommer av at hologrammet gjengir et objekt i sine naturlige tre dimensjoner. Du ser altså dybden i motivet, og ved å bevege deg kan du se det fra "nesten" alle kanter. Synsfeltet i et hologram begrenses imidlertid på samme måte som når du ser et motiv gjennom et vindu. Ved spesielle kopieringsteknikker greier en å lage hologrammer hvor motivet kommer foran filmen. Det synes altså å "sveve" i rommet, men som et Fatamorgana er det umulig å gripe med hendene!

At gjenstandene i et hologram synes å opptre i sin naturlige form, er en optisk illusjon: Når hologrammet blir riktig belyst, makter det å gjenskape lysbølgene nøyaktig slik de bredte seg fra originalgjenstandene. Våre øyne vil derfor måtte se gjenstandene selv om de ikke er der. Og de kommer seg jo ikke ut for å kontrollere kilden til lyset! Med de andre sansene våre kan vi avsløre illusjonen: En holografisk hund hverken høres eller luktes, og den er bare luft når du vil klappe den.

Den holografiske illusjonen er helt analog med hørselsillusjonen som "hermetisk" lyd representerer. Er innspillingen god, stereoanlegget godt, og du lukker øynene, kan du jo høre at orkesteret "er" i rommet. Bruker vi andre sanser som øynene, ser vi fort at det bare var en illusjon. Anlegget har naturtro gjenskapt lydbølgene fra orkesteret, slik at ørene ikke hører forskjell!

Det er illusjonen fra CD-plata holografien likner mest på. Der er all informasjon om hvordan lydbølgene skal bre seg, lagret i en digitalkode. I hologrammet er den tilsvarende infor-

* Holografiutstillingen, tlf. 065 - 25050

masjon om lyset lagret i en fysikalsk kode, et interferensmønster. Mediet koden sitter på, er en finkornet fotografisk film. Koden blir registrert ved at filmen settes opp ved siden av motivet i et mørkelagt rom. Lyset fra en laser deles opp slik at noe av det belyser filmen direkte. Resten belyser motivet som igjen reflekterer noe inn på filmen. Der overlapper altså de to bølgene og det interferensmønsteret som oppstår, blir på filmen registrert som et mikroskopisk mønster av mørke og lyse felter.

Anvendelser.

Holografi har et utall tekniske anvendelser som vi ikke skal komme inn på
her. Den billedmessige bruken, som vi er mest opptatt av, finnes hovedsakelig innenfor tre hovedfelter: Kunstnerisk uttrykksmiddel, til markedsføring og til "mangfoldiggjøring" og "spredning" av museenes skatter.

I de store vestlige land som USA, England og Tyskland har holografien fått et solid fotfeste som kunstuttrykk. Både kunstnere med utdannelse og praksis innen tradisjonelle medier og rene holografikunstnere har vist at dette er et kraftfullt medium. I Norden kjenner jeg imidlertid til bare en slik kunstner, og han er dansk.

Innen markedsføring er det fascinasjonen og fortryllelsen som er hovedmomentet. Men hologrammet kan på messer o.l. være en fin måte å vise et produkt på, som en av ulike grunner ikke kan eller vil stille ut "live".

Innen museumsarbeidet er det Sovjetsamveldet som har vært det
store holografilandet. Ting som ikke kan stå framme fordi det er for verdifullt eller ikke tåler lys/klima i utstillingssaler, er det naturlig å "stille ut" som hologram. Når attraktive ting samles inn av sentralmuseene, hva er vel mer naturlig enn at lokalmuseet får tilbake en holgrafisk kopi? En ambulerende hologramutstilling kan brukes til å spre kjennskap til nasjonens sentrale kulturgjenstander.

Interferens Holografi

Holografiutstillingen i Hamar rommer mellom 50 og 100 hologrammer av de fleste typer og størrelser, og den viser de viktigste bruksområdene. Du

Utladningskule med bevegelige, selvlysende spor i plasmaet. Det konkurreres om hvem som samler den tykkeste tråden i sin hånd.

finner en pedagogisk avdeling hvor en ved hjelp av plansjer, montasjer og videofilm viser hvordan det tredimensjonale bildet har oppstått, fysisk og historisk. Andre illusjoner enn hologrammer finnes også. Ved forespørsel kan det gis omvisning og orientering om holografi, men det er sikrest å avtale dette på forhånd. Det er også mulighet for å få en innføring i holografi på kursdager og i andre interesserte fora. Det arbeides med planer om å bygge opp et lite transportabelt "laboratorium", som en sammen med en liten skole-laser kan bruke til å lage enkle hologrammer. Det er meningen at dette skal bli så enkelt at det lett skal kunne kopieres av interesserte grupper. Et lite hefte på norsk kalt "Holografi - en kort innføring", er det mulig å få kjøpt ved henvendelse til utstillingen.

Utstillingen er i vinterhalvåret åpen bare lørdag og søndag, mens den om sommeren er åpen hver dag unntatt mandag. Grupper kan avtale besøk utenom de vanlige åpningstidene.

Interessante omgivelser. Hvis en vil legge opp til en heldagtur til Hamar, er det ikke vanskelig å finne interessante gjøremål å fylle tiden med. Hedemarksmuseet ligger jo på ruinene av det indre Østlands kultursentrum, med bispeborg og domkirke. Under torva her ute ligger sannsynligvis de best bevarte ruinene av en middelalderby vi har i Norden. Hedmark kunstnersenter og Jernbanemuseet finner du her ute og vandrer du mot byen langs den idylliske Strandpromenaden finner du Utvandrermuseet, Skibladnerbrygga og Kirsten Flagstads Minnesamling. I sommerhalvåret er det flere muligheter for å finne noe å spise ute på Odden, og det vakre naturlandskapet innbyr til niste og termos i det grønne. Er badevannet i Mjøsa enda ikke varmt nok, er Nordens største svømmehall et populært alternativ. Den ligger i Ankerskogen, midt i byen.

∞

Rondablikkseminar i kondenserte fasers fysikk og kjemi, 1989.

Olav Steinsvoll *

Årets Rondablikk-seminar i kondenserte fasers fysikk og kjemi fant sted 22-24 september. Det var invitert 5 foredragsholdere som dekket flere interessante emner, og det ble holdt 32 korte bidrag eller forskningsrapporter fra de forskjellige institusjonene. De var gruppert i ulike sesjoner under møtet. Totalt var det 59 deltakere i møtet, altså en bra mønstring av forskere innen fagfeltet. Tallet inkluderer også NAVFs observatører.

ESRF, det europeiske synkrotron-strålingsanlegget i Grenoble.

Den britiske direktøren, A. Miller, ga en oversikt over planlegginga og konstruksjonen av anlegget i Grenoble. Det ligger i samme området som høyfluksreaktoren, altså ved ILL laboratoriene. Planlegginga tok til i 1986. I 1987 ble 11 land enige om å støtte prosjektet, blant dem Norge. Konstruksjonen startet omgående i 1988. 7 strålekanaler skal være tilgjengelige i 1994, seinere følger nye kanaler slag i slag, ytterligere 11 kanaler i 1995 og totalt 30 i 1999.

Anlegget har anselige dimensjoner. Hovedlagringsringen skal få en omkrets på 850 m, og energien av elektron ene blir 6 GeV ved en strømstyrke på 100 mA. Den består av buer av en sirkel som er satt sammen med rette seksjoner. Når ladde partikler (elektroner, positroner) går med lysets hastighet langs en buet bane, blir partiklene aksele rert og det sendes ut synkrotronstråling, elektromagnetisk stråling i røntgenområdet. Partiklene blir holdt på plass i vakuumrøret av et kontinuerlig magnetfelt som settes opp av kraftige dipol- og kvadrupolmagneter.

Ved hver avøyningsmagnet (i.e. i hver "sving") kan det tas ut stråling. En mindre, indre tangentiell ring virker som første akselerator for elektronene. Elektronene skal legges i "skurer" langs ringen, og en tar sikte på opp til nesten 1000 slike elektronskur er på rad etter hverandre når ringen er lastet full. Levetida av strømmen er beregnet til omlag 10 timer.

Maskinen vil få høy "brillians" og kommer godt ut av en sammenlikning med andre liknende anlegg. Ved 28 magnetiske avbøyningsenheter kan en ta ut tangentiell røntgenstråling med forskjellig energi og strålekvalitet for eksperimentene. En enkel avbøyningsmagnet vil produsere røntgenstråling med et hvitt spektrum med svært høy

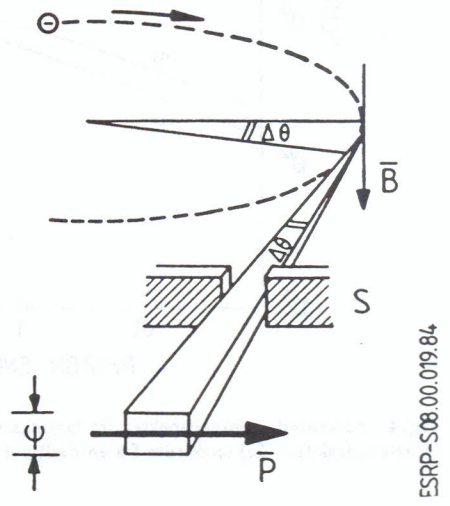


Fig.1. Røntgenstrålinga sendes ut tangentielt til elektronets bane og er polarisert i baneplanet.

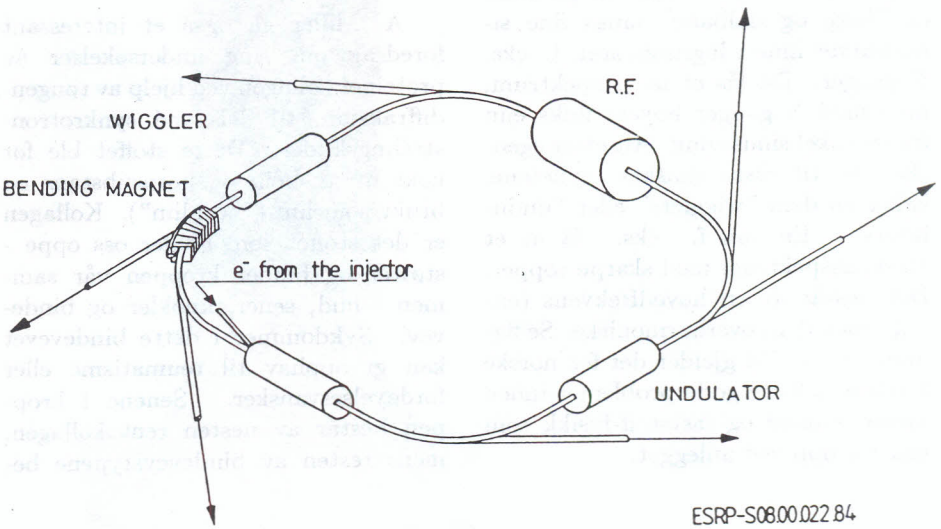


Fig.2. Skjematisk oversikt over lagringsringen for elektroner og positroner som sender ut synkrotronstråling. Elektronene skytes fra akseleratoren inn i lagringsringen. Den består av sirkelbuer med avbøyningsmagneter. I de rette seksjonene skal det settes inn "wigglers" og "undulators" som modifiserer det opprinnelige strålingsspektret. En høyfrekvensenhet, R.F., pumper energi inn i lagringsringen.

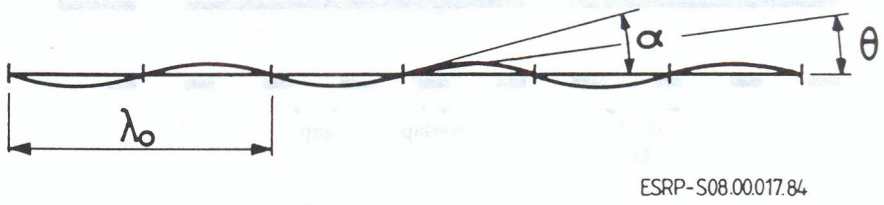


Fig.3. Elektronets bane i bølgeformede magnetfelt.

*Institutt for Energiteknikk

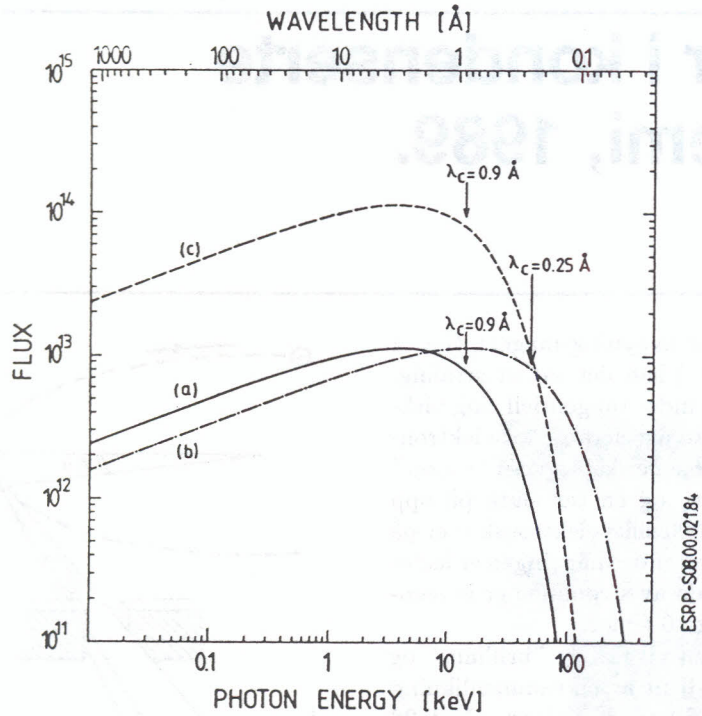


Fig.4. Forventede røntgenspektra fra lagringsringen: (a) opprinnelig spektrum, (b) spektrum fra en bølgelengdeskifter, (c) spektrum fra en multipol "wiggler".

energi. En kan nå modifisere det opprinnelige spektrum ved å lage til bølgeformede magnetfelt inne i lagringsringen slik at elektronene må gå langs en "berg og dalbane" langs fine sinuskurver inne i lagringsrøret, f. eks. N ganger. Da fås et hvitt spektrum, men med N ganger høyere fluks enn fra en enkel sinussving. Alt etter egenskapene til disse innsats- enhetene, kaller en dem "wigglers" eller "undulators". En kan f. eks. få ut et strålingsspektrum med skarpe topper. Det består av en hovedfrekvens (energi) med dens overharmoniske. Se figurene 1 - 4. Nå gjelder det for norske forskere å finne gode problemer innen kjemi, biologi og faststoff-fysikk som kan tas opp ved anlegget.

Legekunst på molekylærplanet.

A. Miller ga også et interessant foredrag om sine undersøkelser av proteinet kollagen ved hjelp av røngendiffraksjon, til dels ved synkrotronstrålingskilder. Dette stoffet ble før kokt ut av bein og hornsubstans og brukt som lim ("hornlim"). Kollagen er det stoffet som holder oss oppe - støtter og binder kroppen vår sammen - hud, sener, knokler og bindevev. Sykdommer i dette bindevevet kan gi opphav til reumatisme eller fordøyelsesvansker. Senene i kroppen består av nesten rent kollagen, mens resten av bindevevstypene består av kollagen-"legeringer" med andre organiske molekyler. I beinsubstansen er det blandet med apatittkrystaller, $Ca_3(PO_4)_2$.

Kollagen består egentlig av flere typer som må kombineres etter et visst system for å gi de egenskaper som kroppsfunksjonen krever. Hvis arvestoffet til et menneske ikke klarer å bygge opp de riktige kombinasjonene, fås f. eks. beinskjørhet. Det er ribosomene i cellene som fabrikkerer kollagen. 20 aminosyrer inngår i molekylstrengen. Et molekyl blir laget dobbelt så langt som det skal være, så blir det kløvet og satt sammen igjen i cellen. Kollagen molekylet er stavformet (3000 x 15 Å) og består av 3 kjeder av polypeptider som alle er snodd rundt seg sjøl og hverandre slik at de danner en superspiral. (Tenk på en taustump som består av 3 kordeler). Disse store molekylene aggregerer så igjen og danner fibriler som kan ha en diameter på flere tusen Ångstrøm. Det er disse fibrilene som er blitt undersøkt ved hjelp av småvinkel røntgen- og nøytronspredning, elektron-mikroskopi og diffraksjon. Fibrilene har krystallinske egenskaper, og trådstrukturen kan finnes ved spredningseksperimenter på orienter te bunter av dem. I en fibril ligger de enkelte kollagenmolekylene parallelle, men forskjøvet trinnvis i forhold til hverandre med trinn på 670 Å, se figur 5. Dette gir opphav til en rekke refleksjonsmaksima i meridionalretningen. Dette mønsteret er også synlig i elektronmikroskop, som striper på tvers av lengderetninga. Mellom elementærtrådene er det hydrogenbindinger. Det viser seg at askorbinsyre eller C- vitamin er svært viktig for produksjonen av riktig kollagen i cellen. På denne måten har en funnet årsaken til sykdommer som skyldes mangel på C-vitamin, altså skjørbuk. En har her et typisk eksempel på det vi kan kalle molekylærmedisin.

Ved undersøkelser av sener kan en vaske ut kollagenet og få enkle snodde kollagenfibrer. De har altså endimensjonale krystallegenskaper og skrueform. Det ser ut til at de gjenkjenner hverandre i oppløsningen, og etter en tid går de sammen til en tykkere tråd. Dette kunstproduktet som molekylene selv har laget, (selvorganisering), har likevel ikke noen særlig styrke. Det viser seg at det som mangler, er kovalente kryssbindinger mellom trådene, i

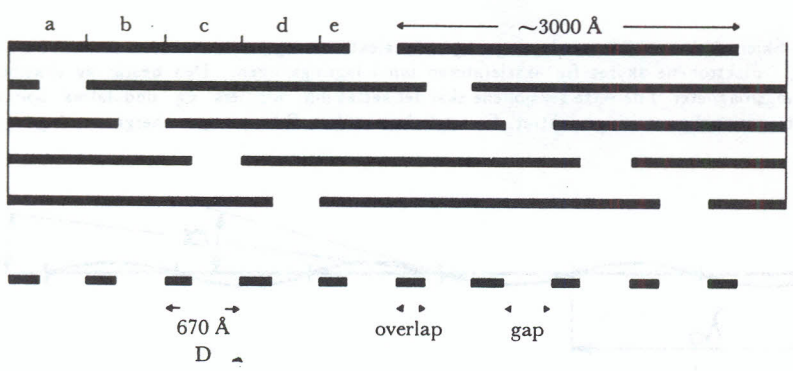


Fig.5. En modell av hvordan kollagenmolekyler med lengde 3000 Å setter seg sammen til lengre fibrer. Molekylene ligger parallelt, men forskjøvet i trinn på 670 Å.

tillegg til hydrogenbindingene. Det er her C-vitaminet kommer inn som en slags katalysator for forsterkningen av fibrene. De enkelte bindevevstypene får sine bestemte mekaniske og fysiologiske egenskaper ved å variere litt i kollagen molekylenes sammensetning. I hud og sener er f. eks. to polypeptidkjeder i molekylet like mens den tredje er litt forskjellig.

Overflate- og grenseflate-fysikk.

W. Richter fra det tekniske universitetet i Berlin fortalte om hvordan en kan bruke optiske metoder til å undersøke overflater eller grensesjikt mellom lag av forskjellige atomslag. Faste stoffer har en atomtetthet på 10^{23} at/cm^3 mens faste grensesjikt har en tetthet på rundt 10^{14} at/cm^2 - så det er forskjell på 9 størrelsesordener mellom dem. For å få et sterkt signal bruker en vanligvis partikler, særlig da elektronspredning for å undersøke slike sjikt. Elektronene har en viss intrengningsdybde og får derfor en bra vekselvirkning med sjiktet slik at egenskapene kan undersøkes.

En liknende dybdevirkning kan en også få for lysspredning fra grensesjikt ved valg av passende lysfrekvenser. For halvledere kan en velge frekvenser som tilsvarer overgangsenergier for elektroner mellom bestemte ledningsbånd i stoffet, ved såkalte kritiske punkter i overgangssannsynligheten. I dette tilfellet viser det seg at det ytterste atomlaget i sjiktet bidrar vesentlig til vekselvirkningsvolumet. Ved å bruke slike lysfrekvenser kan endringer i sjiktegenskapene måles ved endringer i polarisasjonsgraden av reflektert lys som ved ellipsometri eller ved reflektivitetsdifferanse spektrometri. Endringen av polarisasjonsgraden kan skyldes et helt sett av ulike årsaker, og en får det en kan kalle en optisk zoologisk hage der strukturelle volumegenskaper, uelastisk spredning og spesifikke sjiktegenskaper alle bidrar.

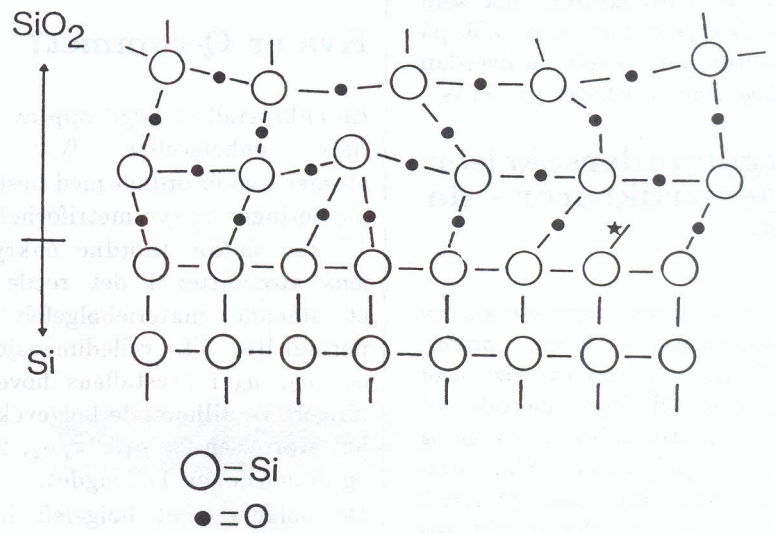


Fig.6. Det viktigste teknologiske grensesjikt er det mellom Si og SiO_2 inne i halvledere. Figuren viser skjematisk et tverrsnitt av et slikt sjikt. Siliciumatomene (nederst) har normalt 4 bindinger til naboatomer, mens oxygen har 2. Ved stjernen på figuren mangler et siliciumatom en binding, og symmetrien og feltet i krystallen blir endret når vi passerer grensesjiktet.

Grensesjiktet kan ha spesielle egenskaper som ikke er tillatt ellers i stoffet. Satser en da på å måle bare disse spesifikke egenskapene, har en fått en romlig oppløsning på målingen som bare omfatter sjiktet. I overgangsområdet mellom to krystallstrukturer kan en f. eks. få fravær av inversjonssymmetri eller det oppstår elektriske felt i sjiktet som skyldes elektroniske overflatetilstander, se figur 6. I det første tilfellet kan en få produksjon av annen harmoniske av lysfrekvensen som en sendte inn, i det andre tilfellet vil en få lysspredning som avspeiler overganger mellom optiske fonongreiner i sjiktet. En kan til og med måle på grensesjikt som ligger i en dybde på opp til 100 monolag av lysabsorberende atomer.

Ved hjelp av slike effekter har en studert hvordan sjikt av antimon og bismuth oppfører seg på overflaten av halvledere slik som gallium-arsenid (GaAs) og indiumfosfid (InP). Prøven blei satt på et roterbart bord inne i vakuumspredningskammeret og kunne føres etter tur inn i ulike posisjoner der en kunne bruke de forskjellige undersøkelsesmetodene på samme sjiktområde og etterpå sammenlikne resultatene. En har også sett på

Perkolasjon

I oljeforsking er det stor interesse for å studere hvordan stoffet olje brer seg i et medium, en sandstein f. eks. Perkolasjon er en fellesbetegnelse for det generelle problem om hvordan et stoff trenger inn i og kanskje gjennom et annet. En væske kan trenge gjennom et porøst legeme dersom det har porer med tilstrekkelig åpning og over en viss konsentrasjon, x_p. Porene danner da lange, sammenhengende (kronglete!) kanaler. Når porekonsentrasjonen er under denne kritiske konsentrasjonen, $x < x_p$, kan stoffet bare vandre lokalt i mediet og kommer ikke gjennom. Gjennomtrengeligheten av mediet beskrives av perkolasjonssannsynligheten, $P(x)$. Denne funksjonen har en regnet ut teoretisk for ulike to-dimensjonale og tre-dimensjonale gittere eller krystallformer. I den teoretiske behandlingen ser en på hvordan det oppstår sammenhengende kluster eller kanaler i gitteret eller mediet. En skiller mellom bindingsperkolasjon og posisjons-perkolasjon. For den antiferromagnetiske krystallen dreier det seg om posisjonsperkolasjon siden uttynningsgraden av de magnetiske mangan-atomene (Mn) styres av sink(Zn)-konsentrasjonen, altså parameteren x. Ved en bestemt økende sink-konsentrasjon kan en ikke komme helt igjennom gitteret ved å følge en vei langs antiferromagnetiske naboatomer, en har kommet under perkolasjonsgrensen, x_p.

halvleder heterostrukturer, slik som GaAs på Si-krystallplan eller InSb på Sb. Dessuten har en sett på hvordan en skal lage rene overflater på GaAs.

Røntgenundersøkelser av fiberstrukturer - da og nå.

En senior innen anvendelsen av røntgendiffraksjon i Norge, professor N. Norman, ga en oversikt over utviklingen av diffraksjonsmetoder for studiet av strukturen hos naturlige og syntetiske høypolymerer. Slike stoffer opptrer som fibrer med sylindrisk symmetri. Det har derfor vist seg hensiktsmessig å utvikle og beskrive elektron- og interatomavstand fordelingsfunksjonene i sylindriske koordinater. Tolkningen av de eksperimentelle data er komplisert. Forholdene blir noe enklere for en stor klasse fibrer, eksempelvis polypeptider, hvor atomene ligger på helikser (spiraler) omkring fiberaksen. Norman viste til egne arbeider over strukturundersøkelser av 2 modifikasjoner av cellulose hvor han som den aller første gjennomførte fullstendige beregninger av de sylindriske atomavstandsfordelingene basert på opptak på film, og også framgangsmåter for tolkning av disse. Det var litt av hvert gamlekara vågde seg på å ta opp, selv med enkel og primitiv apparatur og uten datamaskiner.

Kollektive eksitasjoner i geometrisk uordnede systemer.

Professor O. Entin-Wohlmann fra Tel Aviv fortalte siste nytt om fraktoner og påvisning av dem i forskjellige fysiske systemer. For å forstå dette begrepet må vi gå en omvei og se på dynamikken i ordnede systemer. Fononer er kvanter av vibrasjonsenergi i ordnede systemer, slik som en énkrystall, altså kollektive eksitasjoner. Ved hjelp av fraktalbegrepet har en nå lykkes i å beskrive tilsynelatende fullstendig uordnede systemer innafor et bestemt matematisk regelverk. En kan finne parametre som beskriver de statisk geometriske egenskapene ved f. eks. skyer og aggregater. Men fraktalformalismen kan også brukes til å beskrive de dynamiske egenskapene til slike systemer, dvs egenskaper som diffusjon på fraktaler, termisk ledningsevne i glassliknende stoff eller stoff med skum eller svampstruktur, slik som silica aerogeler. De kjennetegnes av hull på alle lengdeskalaer. Fraktoner er kvanter av eksitasjonsenergi i disse systemene.

Kvantene av eksitasjonsenergi i ordnede magnetiske systemer kalles tilsvarende magnoner. De beskriver spinndynamikken. Liknende betraktninger som ovenfor kan en også gjøre når det gjelder magnetiske eksitasjoner i uregelmessig uttynnede antiferromagnetiske krystallsystemer, slik som $Mn_xZn_{1-x}F_2$. Det viser seg nemlig at fraktonformalismen passer her også. Her er mangan-atomene magnetiske og tynnes ut ved tilsetning av sink-atomer.

"Selvlikhet" er en statisk egenskap som kjennetegner mange fraktale systemer. Dette betyr at om vi ser på systemet gjennom et passende "mikroskop" med forskjellige forstørrelser, vil alle bildene se like ut, og vi vil ikke kunne bestemme noen lengdeskala som karakteriserer systemet. Dette gjelder likevel ikke når vi er kommet ned til avstandene mellom de atomære byggesteinene, her har vi en nedre grense. Noen systemer har også en øvre grense for lengdeskalaen. Overskrides denne grensen ser stoffet homogent ut. Dette gjelder f. eks. "perkolerende nettverk" slik som det nevnte antiferromagnetiske systemet. "Perkolasjon" betyr gjennom- trengning, se forklaring i ramma. Når det gjelder $Mn_xZn_{1-x}F_2$, vil terskelen for perkolasjon ligge på en konsentrasjon

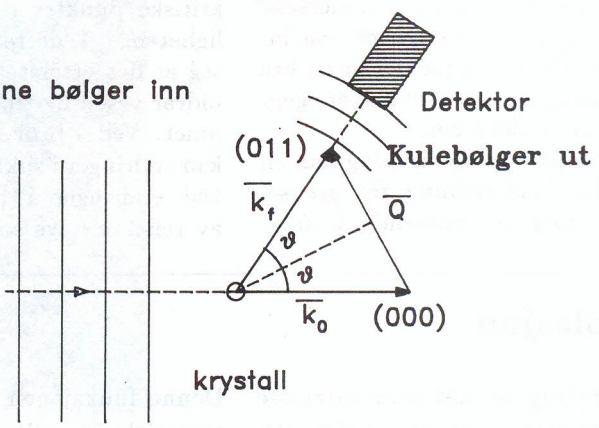
Hva er Q-rommet?

En énkrystall er bygd opp av identiske enhetsceller fylt med atomer som er ordnet med bestemte plasseringer og symmetriforhold.
Vi kan derfor tilordne énkrystallens atomgitter i det reelle rom et stående materiebølgefelt med periodisitet lik celledimensjonene a_1, a_2, a_3 i krystallens hovedretninger. De tilhørende bølgevektorer har størrelsen $2\pi/a_1$, $2\pi/a_2$, $2\pi/a_3$ og dimensjonen 1/(lengde).
De bølgene i et bølgefelt inne i krystallen (elektroner, fononer osv.) som har slike bølgevektorer, vil oppføre seg på spesielle måter. Det har derfor vist seg svært nyttig å konstruere et nytt gitter der størrelsen av enhetscella er gitt av lengdene av bølgevektorene.

Dette kalles det resiproke gitter, gitt ved punkter i det resiproke rom eller "Q-rommet". En kan f.eks. beskrive Bragg-spredning og dens retningsforløp etter ligninga

$$\vec{Q}(h,k,l) = 2 \cdot \mid \vec{k_0} \mid sin(\theta)$$

som en lukket trekant i Q-rommet (Ewald-konstruksjonen, se figur.)
$\vec{k_0}$ og $\vec{k_f}$ er inngående og utgående nøytronimpuls med dimensjonen 1/(lengde). Ved elastisk spredning er $\mid \vec{k_0} \mid = \mid \vec{k_f} \mid$. $\vec{Q}(h,k,l)$ er nøytronenes impulsendring = avstanden mellom to resiproke gitterpunkter, dvs. fra (0,0,0) til (h,k,l), også dimensjon 1/(lengde). (h,k,l) er koordinater i Q-rommet. Braggvinkelen for (h,k,l)-spredningen er $2 \cdot \theta$.



på 25% Mn. Under denne konsentrasjonen vil det magnetiske gitteret ikke ha noen magnetisk "ryggrad".

Det viser seg at når x = 0.5 i krystaller av stoffet ovenfor, er allerede det magnetiske gitteret blitt så uttynnet eller " luftig" at en må begynne å bruke fraktonbegrepet ved siden av magnonbegrepet for å beskrive eksitasjonsspektret. Ved å studere eksitasjonsspektrets utseende ved hjelp av uelastisk spredning av polariserte nøytroner fra en antiferromagnetisk krystall av typen ovenfor, har en funnet at eksitasjonene i det antatte fraktonområdet ved høy frekvens er svært lokaliserte (spektret er flatt), mens det motsatte er tilfelle i spinnbølge-området (magnon-omr.) ved lav frekvens. I Q-rommet ligger grensen ved $Q = 0.3Q_{(sonegrense)}$. (Om Q-rommet - se ramme). Den inverse størrelsen gir den tilsvarende lengdeskalagrensen. I grenseområdet skjer det en gradvis overgang mellom de to oppførselsmåtene, "cross over". Antakelsene ovenfor bekreftes av at liknende nøytronspredning på en tilsvarende krystall med 75% mangan viser at skarpe magnontopper fins gjennom hele Brillouin-sonen. Det magnetiske gitteret er altså ikke nok uttynnet til at en får overgang mellom magnon-moder og lokaliserte fraktonmoder.

Antiferromagnetiske spinnbølger og akustiske fononer har begge lineære dispersjonslikninger slik at målingene kan sammenliknes. Vi har her sett et typisk eksempel på at en har funnet en magnetisk utgave av et generelt problem, og derved kan det undersøkes ved hjelp av nøytronspredningsteknikk.

En har også funnet tilsvarende oppførsel ved lysspredning (Brillouinspredning) fra aerogeler. Eksperimentene ser derfor ut til å bekrefte teoriene om overgang mellom magnon- eller fonon-området og frakton-området.

∞

KVARKSTJERNER – en ny type kompakte stjerner ?

Tommy Øvergård *

Tilstandsligningen for supertett materie er ikke kjent. I drøyt 20 år har det vært spekulasjoner om materien ved store nok tettheter kan være *kvarkmaterie*. Er nøytronstjernene i virkeligheten kvarkstjerner, eller kan kvarkstjerner eksistere som en egen, fjerde klasse av kompakte astrofysiske objekter?

I standard astrofysikk regner man med tre klasser kompakte objekter [1]: hvite dvergstjerner, nøytronstjerner og svarte hull. De hvite dvergstjernene er stjerner med typiske masser rundt en solmasse ($1M_\odot$), radier rundt 5000 km og midlere tettheter rundt $10^6 g/cm^3$. Disse objektene motstår gravitasjonskraften ved trykket fra den degenererte elektrongassen. Hvite dvergstjerner er godt etablert ved observasjoner.

Nøytronstjernene ble lansert som en teoretisk mulighet tidlig i 1930-årene, og den første numeriske beregning av strukturen til en slik hypotetisk stjerne ble foretatt av Oppenheimer og Volkoff i 1939 [2]. Slike objekter forble en teoretisk kuriositet til 1967-68, da pulsarene ble oppdaget, og Gold lanserte roterende nøytronstjerner som den eneste holdbare interpretasjon av dem. Rundt 500 pulsarer er nå observert, og ingen har egentlig foreslått noen bedre forklaring av pulsarene enn Gold. Men, som vi skal se, foreligger visse muligheter for at enkelte pulsarer bedre kan forklares som roterende kvarkstjerner. Situasjonen i dag er likevel at alle hittil verifiserte observasjoner av pulsarer kan gjøres godt rede for i "tradisjonelle" nøytronstjernemodeller. For slike stjerner er typiske masser $1.4 - 1.5M_\odot$ (maksimal masse $2 - 3M_\odot$), radier $\approx 10km$ og midlere tettheter rundt $10^{14} g/cm^3$. Objektene stabiliseres mot gravitasjonskraften ved nøytrongassens degenerasjonstrykk.

Svarte hull er en mulig konsekvens av Einsteins feltligninger og generell relativitetsteori, men deres faktiske eksistens er gjenstand for kontrovers. Det spekuleres likevel i svarte hull med så små masser som $10^{-5}g$, og supermassive svarte hull, med masser rundt $10^6 - 10^8 M_\odot$, bl. a. i forbindelse med mulige fyringsmekanismer for kvasarer.

Idéen bak *kvarkstjerner* er enkel og naturlig. Når materietettheten i et objekt begynner å overstige materietettheten man finner i atomkjerner ($\approx 2.8 \cdot 10^{14} g/cm^3$), forventes pakkingen av individuelle baryoner (spesielt nøytroner) å bli så tett at de overlapper og smelter sammen. Resultatet, hvis man velger å holde fast på kvarkene som bestanddeler i baryonet, forestilles å være en materie av delokaliserte kvarker. Kvarkene er delokaliserte i den forstand at de ikke lenger har noen mulighet for å vite hvilket baryon de opprinnelig tilhørte. Dersom en slik faseovergang virkelig finner sted i det indre av en kompakt stjerne (nøytronstjerne), kan man tenke seg tre muligheter for utvikling av den opprinnelige stjernen: den kan forvandles til en ren kvarkstjerne, den kan bli til en *hybrid* stjerne, med et kjerneområde bestående av kvarker og et ytre lag bestående av vanlig nøytronstjerne-materiale, eller den kan bli til en kvarkstjerne med et ytterst tynt lag (tykkelse $1 - 300 fm$) av elektroner ytterst (som er elektrisk koplet til kvarkmaterien innenfor).

I denne artikkelen vil jeg skissere litt av fysikken som ligger bak idéen om kvarkstjerner, og gi en kort fram-

*Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim, AVH.

stilling av aktuelle stjernemodeller og beregningen av disse. Mulige forskjeller mellom nøytronstjerner og kvarkstjerner vil bli nevnt. Forskjellene er direkte knyttet til observasjoner som kan gi informasjon om tilstandsligningen for supertett materie. F. eks. vil massen, gravitasjonsrødforskyvningen og nøytrinoemissiviteten fra kompakte stjerner gi viktige restriksjoner. Spesiell vekt vil bli lagt på målinger av pulsarperioder, fordi disse kan være helt essensielle m.h.t. nærmere bestemmelse av tilstandsligningen. Jeg vil omtale deler av arbeidet som fulgte rapporten i 1989 om oppdagelsen av en submillisekund-pulsar i restene etter SN 1987A, helt fram til de første hint, i februar 1990, om at denne "pulsaren" er resultatet av tekniske forstyrrelser og ikke er et reellt himmellegeme. Noen konsekvenser av antakelsen om *absolutt stabil* kvarkmaterie vil bli antydet. Jeg vil vise hvordan en kan foreta en beregning av den mulige faseovergangen til kvarkmaterie i en nøytronstjerne, og avslutte med en kort framstilling av problemer som det virker verdt å undersøke videre.

Kvarkstjerner

Kvarkstjerner er foreløpig kun teoretiske objekter. Men allerede i 1970 ble den første beregning av en ren kvarkstjerne foretatt, av Itoh [3]. Motivasjonen for dette arbeidet vil jeg tro kan forklares mye ut fra idéen som er skissert innledningsvis. F. eks. hadde ennå ikke utviklingen i teorien for de sterke kjernekreftene (QCD) kommet så langt at en hadde fått etablert den såkalte *asymptotiske frihet* (Ved store nok energitettheter forventes koplingen mellom kvarker og gluoner å bli så liten at vekselvirkninger i beste fall kan ignoreres, eller i verste fall bli gjenstand for en brukbar perturbativ behandling.) Så hva Itoh gjorde var å anta en stjerne bestående av like mengder ikke-vekselvirkende u, d og s-kvarker, som f. eks. automatisk gir ladningsnøytralitet. Stjernestrukturen ble beskrevet av tilstandsligningen for en ikke-vekselvirkende Fermigass (se f. eks. ref. [1] eller [4]), som antas å følge såkalt para-Fermi-statistikk for å ivareta eksklusjonsprinsippet. Noen resultater fra denne modellen er oppsummert i figurene 1 og 2.

I 1973 klarte man å påvise asymptotisk frihet for en stor klasse av ikke-

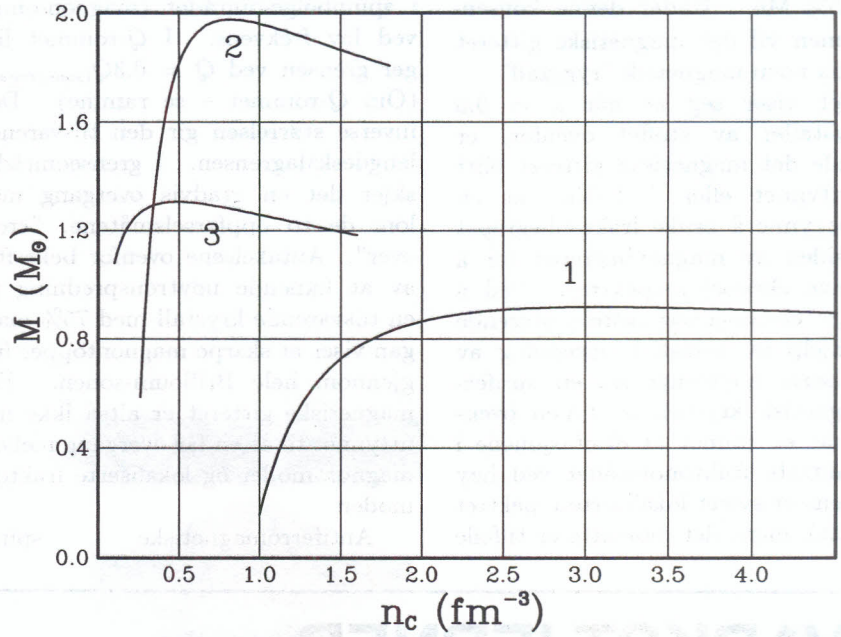


Fig.1. Masse M som funksjon av sentral baryontall-tetthet n_c. 1: QCD, $\Lambda_F = 300 MeV$, 2: MIT-bag, $\alpha_c = 0.549$, $B = 59.2\ MeV/fm^3$, 3: ikke-vekselvirkende Fermi-modell, kvarkmasse lik 400 MeV/c^2.

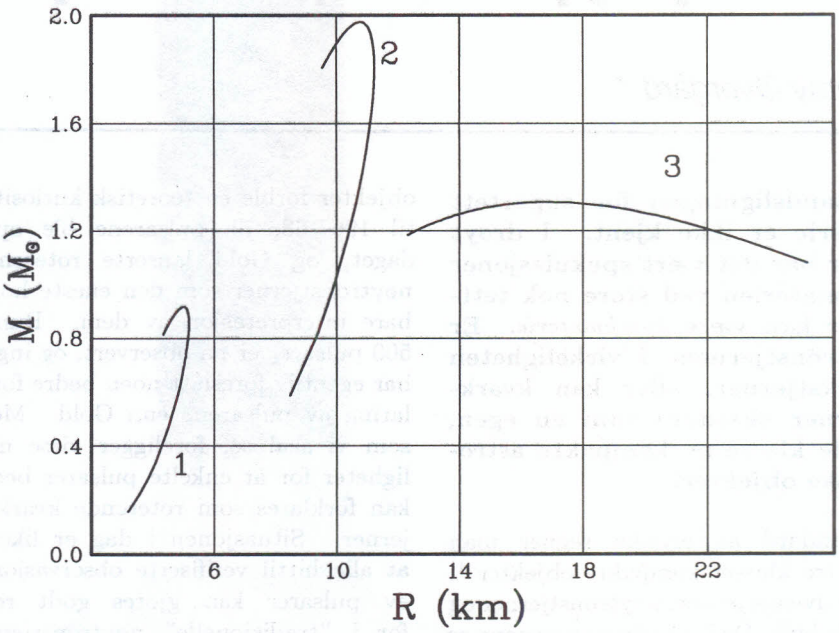


Fig.2. Masse M tegnet mot radius R. Indekser som i figur 1.

abelske gaugeteorier, QCD innbefattet (se [5]). Dette var viktig for det feltteoretiske forslaget i 1975 om at materien ved store nok tettheter best kan beskrives som en *kvarksuppe*, og at kanskje det indre av nøytronstjerner består av delokaliserte kvarker snarere enn noe annet. Det ble en stor interesse for beregninger av faseovergangen til kvarkmaterie. Resultatene er ikke konklusive. Jeg vil her nevne spesielt arbeidene til Chapline og Nauenberg [6]. Deres kvarkstjerne-modell er utarbeidet i perturbativ QCD, og til forskjell fra den såkalte bagmodellen er koplingskonstanten for kvark-gluon-vekselvirkningen her tetthetsavhengig.

Som en tredje modell for kvarkstjerner må vi ta med bagmodellen, som (i utvidet form) later til å være den mest troverdige modellen for kvarkstjerner som er foreslått hittil. Opprinnelsen til modellen er å finne i partikkelfysikken ved lave energier. Frie kvarker er ikke observert (*infrarødt slaveri, confinement*), og det er naturlig å forsøke en fenomenologisk forklaring. En modell for struktur av de sterkt vekselvirkende partiklene (hadronene) utviklet ved M.I.T.

i 1974-75 har vist seg å være bemerkelsesverdig god til å reprodusere observerte egenskaper ved partiklene (Jeg anbefaler Bhaduris bok [7] når det gjelder informasjon om bagmodeller). Overført til gigantiske "kjerner", dvs. stjerner, vil tilstandsligningen for en kvarkstjerne i denne modellen (med alle kvarkmassene lik 0) være

$$P = \frac{A}{3} n^{4/3} - B, \qquad (1)$$

$$\varepsilon = A n^{4/3} + B, \qquad (2)$$

hvor P er trykket, ε er energitettheten, n er baryontall-tettheten, B er *bagtrykket* (vakuumets energitetthet) og A er en konstant som er proporsjonal med den (første ordens) effektive sterke koplingskonstanten α_c og omvendt proporsjonal med kubikkroten av antallet kvarktyper (*flavors*). I denne modellen er α_c konstant, og vi ser at en har

$$P = \frac{1}{3}(\varepsilon - 4B). \qquad (3)$$

Ligning 3 viser en slående forskjell fra en nøytronstjerne-modell: Siden B er av størrelsesorden $50 MeV/fm^3$, vil trykket her være 0 ved en energitetthet 14 størrelsesordener større enn tilfellet er i en nøytronstjerne. De absolutt ytterste lag av en nøytronstjerne antas å bestå av ^{56}Fe, med en materietetthet 7-8 g/cm^3. Så en stjerne beskrevet av ligning 3 må forventes å ha en dramatisk annerledes tetthetsprofil enn en nøytronstjerne, og dermed også en helt annerledes sammenheng mellom massen og radien (MR). Dette er også hva en finner fra beregningene.

Jeg går ikke nærmere inn på tilstandsligningene, men en kort beskrivelse av strukturberegningene kan være nyttig. For nøytronstjerner gjelder at Fermitemperaturen er vesentlig høyere enn stjernens temperatur (som inngår i sammenhengen mellom luminositet, radius og temperatur). En snakker derfor om *kald materie*, og i de termodynamiske uttrykk er temperaturen satt lik 0. Tilstandsligningen blir derfor sammenhengen mellom trykket og energi-massetettheten. Denne ligningen kan skrives om til en sammenheng mellom trykket og baryontall-tettheten. Med et uttrykk for trykkets variasjon med radien (trykkgradienten) i stjernen, vil tilstandsligningen gi en enparameter-følge av konfigurasjoner, hvor parameteren naturlig blir sentraltettheten. Trykkgradienten i generell relativitetsteori for ikke-roterende eller svakt roterende sfæriske masse-konfigurasjoner kalles Tolman-Oppenheimer-Volkoff (TOV)-ligningen. Den uttrykker den hydrostatiske likevekten mellom det utoverrettede trykket og den innoverrettede gravitasjonen. Massen og radien bestemmes ved numerisk integrasjon av TOV-ligningen, og grensebetingelsene er

$$P(r = R) = 0, \qquad M(r = 0) = 0.$$

Treghetsmomentet for slike konfigurasjoner kan relativt lett bli beregnet etter innføring av et kryssledd $d\phi dt$ i metrikken. Dette er godt beskrevet andre steder.

Jeg viser noen resultater i figurene 1 og 2. Figur 1 viser massens variasjon med sentral baryontall-tetthet n_c. Stabile konfigurasjoner finnes på den gren av $M - n_c$-kurven som tilfredsstiller

$$\frac{dM}{dn_c} > 0.$$

Figur 2 viser de samme konfigurasjonenes MR-kurver. Slike kurver er nyttige bl. a. for stabilitets-analyser. Dessuten viser de klart den slående forskjellen mellom kvarkstjerner og nøytronstjerner. Objektene beskrevet ved de to utpregede kvarkmaterie-modellene oppviser en sammenheng

$$M \propto R^3$$

for stjerner med små masser.

Fermigass-modellen viser derimot en avhengighet karakteristisk for nøytronstjernemodeller, idet stjerner med små masser får store radier. Dette kan forklares slik:
En nøytronstjerne er bundet av gravitasjonen. Mindre masse gir svakere gravitasjon, og radien blir større. Kvarkstjernen på sin side er bundet av gravitasjonen *og* de sterke kjernekreftene, i bagmodellen simulert ved det fenomenologiske bagtrykket B. Tetthetsfordelingen blir som vist i figur 3.

Itohs opprinnelige estimat [3] av massen til en kvarkstjerne var $\approx 2 \cdot 10^{-3} M_\odot$. Det er lett å vise at denne verdien skyldes den store kvarkmassen som ble brukt som "input", $10 GeV/c^2$. Faktisk varierer stjernemassen omvendt proporsjonalt med kvadratet av kvarkmassen.

Parameteren Λ_F i QCD-modellen i figurene 1 og 2 er en såkalt cut-

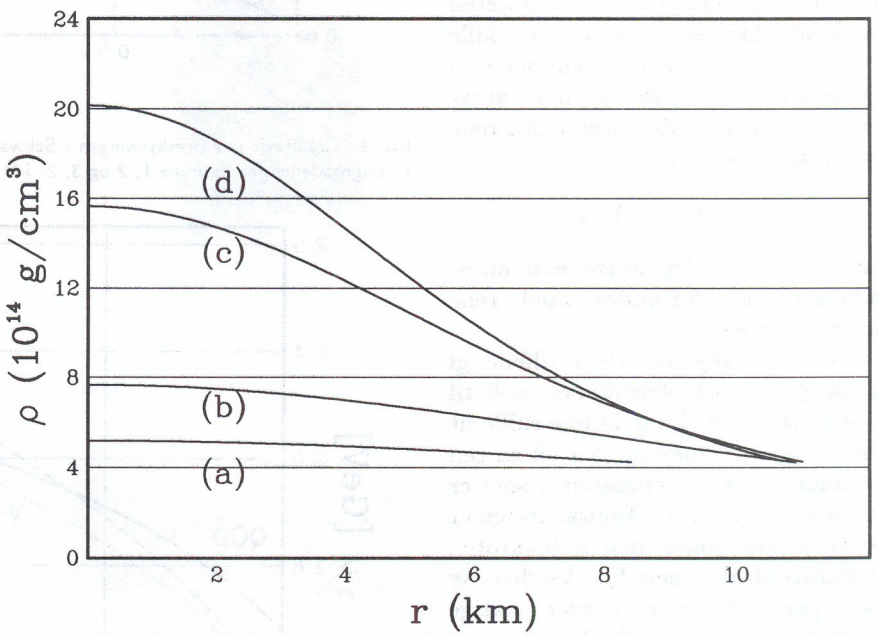


Fig.3. Tetthetsfordelingen for bagstjerner parametrisert som i figurene 1 og 2.

$(a) : M = 0.59 M_\odot, \quad R = 8.47 km,$

$(b) : M = 1.46 M_\odot, \quad R = 10.92 km,$

$(c) : M = 1.95 M_\odot, \quad R = 11.06 km,$

$(d) : M = 1.98 M_\odot, \quad R = 10.79 km.$

$\rho(r = R) > 4 \cdot 10^{14} g/cm^3.$

off-parameter som karakteriserer den sterke vekselvirkningen. Parameteren skal i prinsippet kunne bestemmes fra eksperimenter i partikkelakseleratorer.

Av de tre nevnte kvarkstjerne-modellene er det bare bagmodellen som er gjenstand for noen seriøs interesse i dagens forskning. Grunnene til dette er delvis kompliserte. Bagmodellen for en kvarkstjerne gir resultater for masse og radius som stemmer godt overens med vanlige pulsarmodeller. Også treghetsmomentet, som jeg finner å være

$$I \approx 2.2 \cdot 10^{45} g cm^2,$$

er rimelig nær observerte verdier.

En kan også beregne gravitasjons-rødforskyv ningen,

$$z_S = \frac{1}{(1 - \frac{2GM}{Rc^2})^{1/2}} - 1,$$

som funksjon av massen M. En finner typisk at forskjellen fra gjengse nøytronstjerne-modeller som $I - H$ og $V - H$ [8] er liten, spesielt for masser $\leq 1.4 M_\odot$. Figur 4 illustrerer dette.

Rene strukturanalyser kan derfor ikke skille godt mellom de to alternativer. Mer komplisert mikrofysikk er nødvendig. For 10 år siden ble det foreslått å se på nøytrino-emissiviteten fra kompakte stjerner til å skille ut en eventuell kvark-komponent i stjernematerien [9]. Beregninger antyder at nøytrino-emissiviteten fra rene kvarkreaksjoner som

$$d \rightarrow u + e^- + \overline{\nu}_e$$

kan være vesentlig større enn emissiviteten som forbindes med rene hadronprosesser.

Denne forskjellen vil i tilfelle gi en skarpere nedkjølingskurve, nok til at observasjoner skulle kunne skille ut den viktigste prosessen. Nå vil en ren kvarkanalyse gi en emissivitet som er proporsjonal med α_c. Emissiviteten er videre proporsjonal med kubikkroten av elektronfraksjonen Y_e. Verdien av disse parametrene er derfor viktige i beregningene av nedkjølingskurven. Det er også grunner til at Y_e bør være en sensitiv funksjon av særkvarkens masse m_s. Numeriske beregninger må ta tilbørlig hensyn til dette, og det er en mulighet for at de opprinnelige beregningene både er for enkle og for optimistiske (?). Dette er et problem jeg nevner spesielt i det siste avsnittet.

Faseovergangen og hybride stjerner

Med tilstandsligninger P_B og P_Q for baryonmaterien og kvarkmaterien, respektive, bestemmes faseovergangen fra en analyse av Gibbs-energien pr. baryon, definert ved

$$\mu = \frac{d\varepsilon}{dn},$$

hvor ε er total energitetthet (inkludert hvilemassebidrag), som funksjon av trykket P. Vi ser fra definisjonen at Gibbs-energien pr. baryon blir å interpretere som endring i energitetthet som følge av en endring i baryontalltetthet. Derfor blir skillet fra baryonets kjemiske potensial utvisket.

Den fase av materien som har lavest μ er energetisk fordelaktig, og det er denne fasen som eksisterer i naturen. En første ordens faseovergang bestemmes fra ligningene

$$\mu_Q(P_T) = \mu_B(P_T),$$

$$\mu_Q(P) < \mu_B(P), \qquad P > P_T,$$

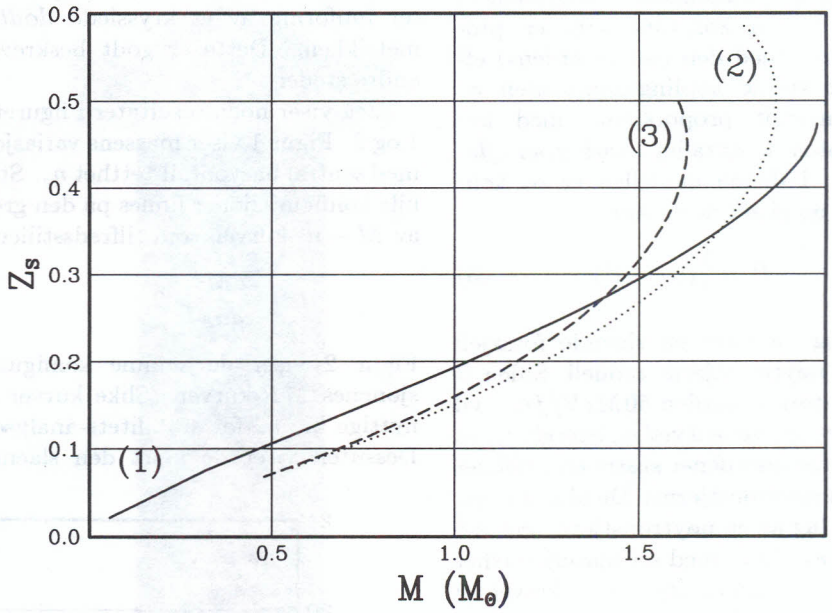


Fig.4. Gravitasjonsrødforskyvningen i Schwarzschild-geometri z_S som funksjon av stjernemassen M. 1: Bagmodellen fra figurene 1, 2 og 3, 2: I-H [8], 3: V-H [8].

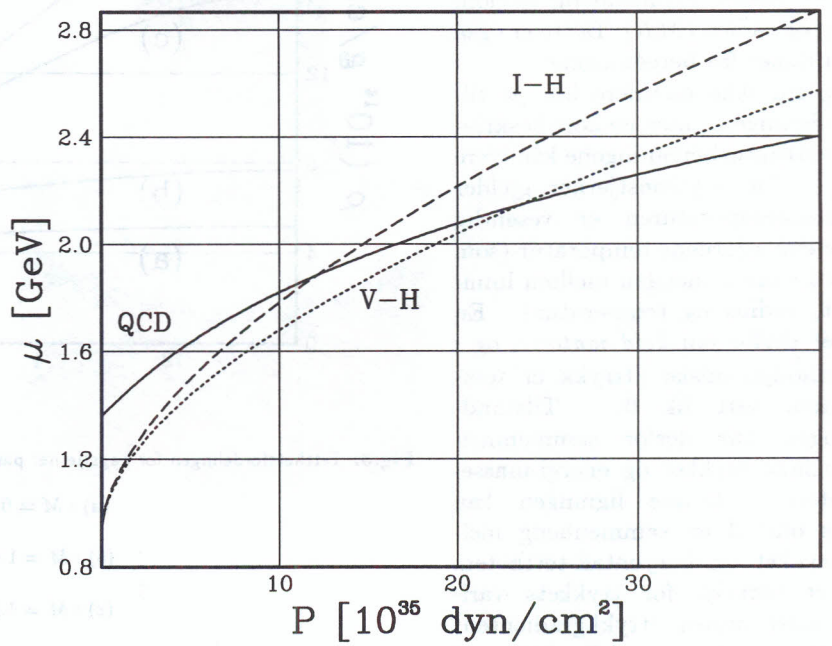


Fig.5. Gibbs-energien pr. baryon μ som funksjon av trykket P. QCD-modellen har $\Lambda_F = 300 MeV$, modellene I-H og V-H kan regnes ut fra ref. 8.

hvor indeksen T betegner "overgang" (transition). For modellene $I - H$ og $V - H$ ovenfor og en QCD-modell med $\Lambda_F = 300 MeV$ finner jeg resultatet som er vist i figur 5. Lignende beregninger er blitt gjennomført for mange foreslåtte tilstandsligninger for nøytronstjerner. I mange henseender er arbeidene til Chapline og Nauenberg [6] representative, og spesielt interesserte henvises til disse.

Tilsvarende beregninger gir divergerende resultater m.h.t. eksistensen av hybride stjerner i nøytronstjernedomenet. Imidlertid finner en matematisk faseovergang sted i *alle* beregninger, men gjerne ved sentraltettheter som er større enn sentraltetthetene vi regner med i nøytronstjernene. Eksistensen av *hybride stjerner* som en fjerde klasse kompakte stjerner er imidlertid ikke utelukket.

Dette er et problem som vies noe oppmerksomhet i dag, bl. a. pga. rapporten om den superraske pulsaren etter SN 1987A. Hovedproblemet med hybride stjerner er å forklare stabiliteten av grensesjiktet mellom kvarkmaterie og vanlig stjernematerie. Dette problemet unngås selvfølgelig dersom en antar eksistensen av en ren kvarkstjerne.

Raske pulsarer og bagmodellen

Såkalt *særmaterie* er kvarkmaterie med særtall pr. baryon av størrelsesorden (-)1. I en stjerne bestående av u, d, og s-kvarker (samt en liten fraksjon elektroner, av hensyn til ladningsnøytralitet og nøytrinofluks) betyr dette at de ulike kvarktetthetene, grovt sagt, er omlag like store. Særmaterie ble i 1984 lansert som kandidat til universets *mørke materie* og foreslått som kandidat til den virkelige grunntilstanden for materie [10]. I en stjerne av særmaterie, en *særstjerne*, skulle m.a.o., ved eksternt trykk lik 0, energien pr. baryon oppfylle ulikheten

$$E < \frac{1}{56} E(^{56}Fe) \approx 930.4 MeV.$$

Strukturen til et objekt beskrevet av den såkalte *utvidete bagmodellen* ble første gang undersøkt i 1985-86 [11]. Denne modellen søker å ta hensyn til kvarkmateriens likevekt m.h.t. de svake vekselvirkningene,

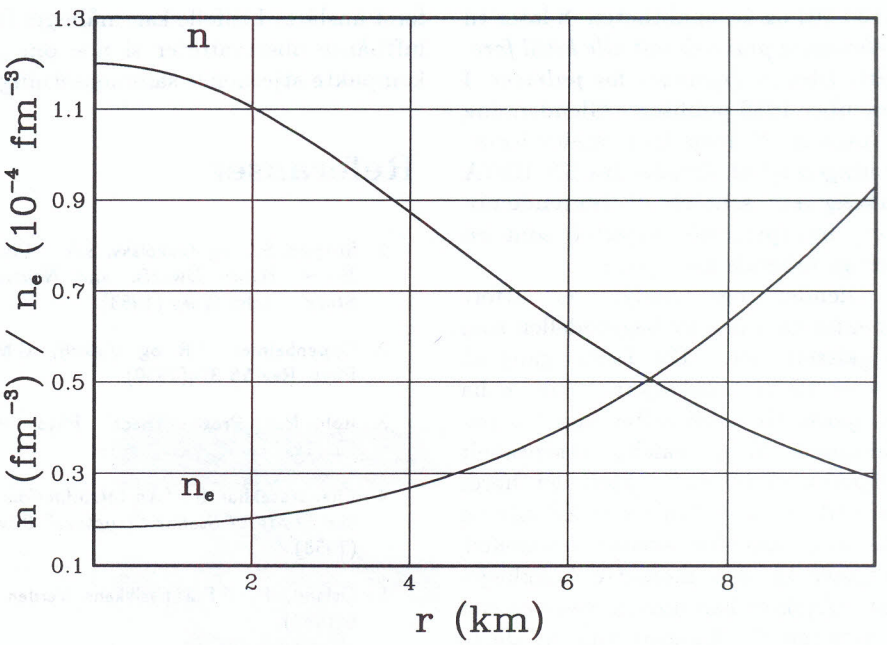


Fig.6. Baryontall-tettheten n og elektrontettheten n_e utover i en bagstjerne beskrevet av ligningene 6 og 7, med $\alpha_c = 0.17$ og $B = 60\ MeV/fm^3$. Stjernen har maksimal masse, som her er 1.75 $M_\odot$, tilhørende radius R er 9.8 km.

$$\mu_d = \mu_u + \mu_e = \mu_s, \qquad (4)$$

der μ_i er de kjemiske potensialene, samt ladningsnøytraliteten

$$\frac{2}{3} n_u(\mu_u) = \frac{1}{3}[n_d(\mu_d) + n_s(\mu_s)] + n_e(\mu_e), \qquad (5)$$

der n_i er partikkeltetthetene.

Ligningene 4 og 5 gir bare ett uavhengig kjemisk potensial, μ. Gitt de termodynamiske potensialer pr. volum $\Omega_i(\mu_i)$, skrives den utvidete bagmodellen som

$$P(\mu) = -\sum_i \Omega_i(\mu) - B, \qquad (6)$$

$$\varepsilon = \sum_i (\Omega_i + \mu_i n_i) + B, \qquad (7)$$

og en har baryontall-tettheten

$$n = \frac{1}{3}(n_u + n_d + n_s).$$

Størrelsene Ω_i, $i = u, d, s$, er vanskelige å regne ut. Dessuten introduserer beregningen av Ω_s et såkalt renormaliseringspunkt, ρ_R, som blir en fri parameter. For numeriske beregninger kan ρ_R velges lik en tredjedel av nukleonmassen, 313 MeV, men en kan også velge ρ_R lik særkvarkens masse, m_s. De termodynamiske potensialene er blitt regnet ut til 2. orden i α_c, og i beregninger av særstjerner bruker en gjerne disse uttrykkene til første orden. Kvarktetthetene (og elektrontettheten) følger fra

$$n_i(\mu_i) = -\frac{\partial \Omega_i}{\partial \mu_i}.$$

Resultater for stjernestrukturen fra denne modellen sammenlignet med modellen 1, 2 avviker 10-20 %. Elektrontettheten er overalt liten, se figur 6, men stor nok til at en nøytrinofluks vil kunne opprettholdes. En kan også tenke seg et relativt detaljert bilde av hvordan kvarkstjernen omgir seg med et ytterst tynt ($\approx 1 fm$) lag av elektroner, slik at den kan fungere som nøytrino-emitter og være skjermet fra resten av universet.

Pga. et slikt objekts store kompakthet (jfr. figur 3) kan en uten videre beregninger rimelig formode at en særstjerne har større evne enn en nøytronstjerne til å motstå den enorme sentrifugalkraften som vil være tilstede i raske pulsarer. Et enkelt anslag fra tidsskala-relasjonen

$$P = \frac{2\pi}{\sqrt{G\bar{\rho}}}, \qquad (8)$$

fra likevekten mellom sentrifugalkraften og gravita sjonen, viser at en rotasjonsperiode $P = 0.508 ms$ svarer til en midlere tetthet som er større enn hva vi forventer i nøytronstjerner.

Nettopp denne perioden ble rapportert sett i 1989 [12], angivelig hos en pulsar i restene etter SN 1987A. Denne rapporten ga støtet til en omfattende aktivitet [13].

De samtidige kravene om massekonsistens med $1.4 M_\odot$ (fra PSR

1913+16) og kompaktheten 8 later til *å eliminere praktisk talt alle hittil foreslåtte tilstandsligninger for pulsarer.* I desember 1989 publiserte Glendenning en rapport [14] hvor han, under forutsetningen av at signalet fra SN 1987A virkelig representerer et roterende objekt, interpreterte objektet som en hurtigroterende særstjerne.

Glendennings analyse er utført innenfor rammen av bagmodellen som er skissert her. For første gang så det ut til at kvarkstjerner kunne ha en sjanse til å bli løftet opp fra papirstadiet til et tålelig akseptabelt eksperimentelt nivå. Men det hører med til denne historien at Zdunik og Haensel, innenfor *samme bagmodell*, kommer til den motsatte konklusjonen: objektet kan umulig være en sær bagstjerne [15]. Uansett valg av de to parametrene α_c og m_s klarer ikke stjernen å opprettholde en Kepler-frekvens på 12.4 kHz.

I grove trekk var dette status til midten av februar 1990. Da innløp de første hint om at selve observasjonen av pulsaren var noe helt annet enn først annonsert. Det synes i øyeblikket sannsynlig at observasjonen skyldes enten interferens med en nærliggende TV-stasjon på 1968 Hz, eller signaler fra et videokamera [16]. Med dette er den eksperimentelle status av kvarkstjerner betraktelig redusert, siden en vet at pulsarperioder så korte som $\approx$ $0.6ms$ kan gjøres rede for gjennom normale nøytronstjerne-modeller.

Konklusjon og noen idéer

PSR 1987A forsvant. Men hvor kort kan en pulsarperiode bli før pulsaren sprenges av sentrifugalkraften? *Gitt* en 0.5 ms pulsar, hva består pulsaren av? Disse to spørsmålene dreier seg essensielt om selve tilstandsligningen for kald, supertett materie. Realistiske beregninger vil måtte kople sterk gravitasjon og hurtig rotasjon. Problemet er vanskelig, og er ikke løst.

For tenkte kvarkstjerner kan det være en idé å beregne nøytrinoemissiviteten med en tetthetsavhengig koplingskonstant. Innenfor en bagmodell vil dette kunne gjøres ved en selv-konsistent løsning av ligningene 4 og 5 samt Gell-Mann-Lows ligning for den løpende koplingskonstanten. Foreløpige beregninger av en gruppe ved Trieste antyder at emissiviteten kan være endog større enn først anslått. I tilfelle kan målinger fra luftbårne observatorier si noe om de kompakte stjernenes sammensetning.

Referanser

1. Shapiro, S.L. og Teukolsky, S.A., *"Black Holes, White Dwarfs, and Neutron Stars"* John Wiley (1983).
2. Oppenheimer, J.R og Volkoff, G.M., Phys. Rev **55** 374(1939).
3. Itoh, N., Prog. Theor. Phys. **44** 291(1970).
4. Chandrasekhar, S., *"An Introduction to the Study of Stellar Structure"* Dover (1958).
5. Osland, P., Fra Fysikkens Verden **1** 6(1988).
6. Chapline, G. og Nauenberg, M., Nature **264** 235(1976), og Phys. Rev. **D16** 450(1977).
7. Bhaduri, R.K., *"Models of the Nucleon"* Addison-Wesley (1988).
8. Malone, R.C., Johnson, M.B. og Bethe, H.A., Astrophys. Journ. **199** 741(1975).
9. Iwamoto, N., Phys. Rev. Lett. **44** 1673(1980) og Ann. Phys. **141** 1(1982).
10. Witten, E., Phys. Rev. **D30** 272(1984).
11. Haensel, P., Zdunik, J.L. og Schaeffer, R., Astron. Astrophys. **160** 121(1986). En lignende undersøkelse basert på den asymptotiske modellen 1 og 2 finnes hos Alcock, C., Farhi, E. og Olinto, A., Astrophys. Journ. **310** 261(1986).
12. Kristian, J. et al Nature **338** 234(1989).
13. Se f. eks. Friedman, J.L., Ipser, J.R. og Parker, L. Phys. Rev. Lett. **62** 3015(1989), Shapiro, S.L., Teukolsky, S.A. og Wasserman I., Nature **340** 451(1989), Haensel, P. og Zdunik, J.L., Nature **340** 617(1989), og Frieman, J.A. og Olinto, A.V., Nature **341** 633(1989).
14. Glendenning, N.K., Phys. Rev. Lett. **63** 2629(1989).
15. Zdunik, J.L. og Haensel, P., *"Maximum rotation frequency of strange stars and PSR 1987A"* CAMK preprint **208** (Desember 1989).
16. Baym, G. og Montes, M. Kommunikasjon over NORDITAs datasystem (Februar 1990).

∞

Norsk Fysisk Selskaps fysikk-konkurranse

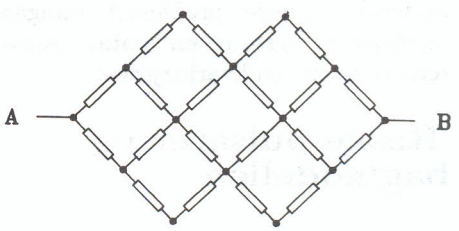
NFS arrangerer hvert år uttakingskonkurranse til fysikkolympiaden for elever i den videregående skole (se FFV no.1 1990). Vi gjengir her den norske "finaleoppgaven" for våre lesere, med oppfordring om å teste den olympiske form...

Skoleåret 1989-90
Norsk finale, 8.februar 1990

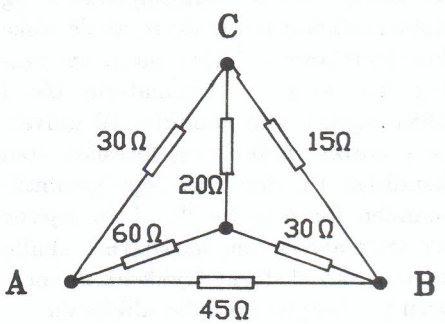
Tid: 5 klokketimer
Hjelpemidler: lommeregner og fysikktabell

NB! På denne prøven behøver du ikke å begrunne dine svar slik du gjør på en vanlig fysikk-prøve.

Oppgave 1

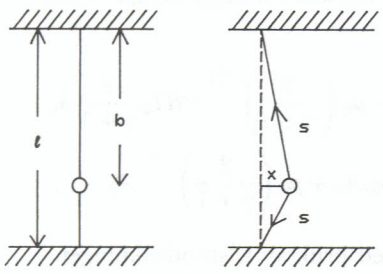


a) Alle motstandene på figuren har resistansen R. Hvor stor er resultantresistansen mellom A og B?



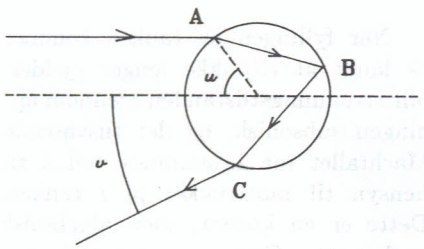
b) Figuren viser en kopling av motstander. Beregn resultantresistansen mellom A og B og mellom A og D.

Oppgave 2



Figuren viser en masse M som er festet til en vertikal streng. Strekket ("Snorstrammingen") er S. Massen trekkes ut til siden en strekning x og slippes. Vi antar at det ikke er noen dempning, og vi regner utslagene som svært små i forhold til lengden av strengen.
Finn et uttrykk for svingetiden. Hvor stor må b være for at svingetiden skal være størst mulig?

Oppgave 3



Vi tenker oss en rund, homogen klode i verdensrommet uten atmosfære. Unnslippingsfarten fra overflaten av kloden er 20 m/s. En stein som blir kastet ut horisontalt, vil gå i bane rundt kloden like over overflaten og bruke 10 minutter på et omløp. Regn ut radien til kloden.

Oppgave 4

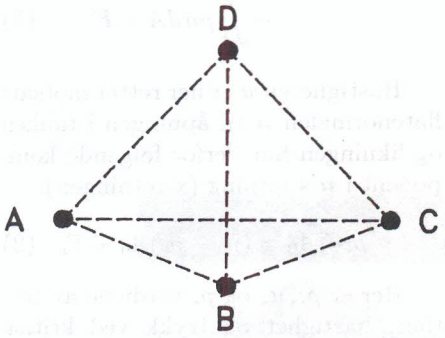
Figuren viser en lysstråle som treffer en kuleformet vanndråpe i punktet A. Strålen brytes inn i dråpen, reflekteres i punktet B (mesteparten av lyset vil her trenge ut i luft) og trenger ut i luft igjen i C. Den stiplete linjen gjennom sentrum i dråpen er parallell med den innfallende strålen. Bestem et uttrykk for vinkelen v uttrykt ved vinkelen u. Beregn av dette hvor stor vinkelen v maksimalt kan bli for henholdsvis rødt og fiolett lys.
(Du kan ha nytte av dette:

$$x = siny \Longrightarrow y = arcsinx$$

$$\Longrightarrow y' = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}})$$

Hvilket fenomen er det som du her har regnet på, og hvilke vinkler er det du har regnet ut?

Oppgave 5



Figuren viser et regulært tetraeder ABCD der alle sidekantene har lengden s. I punktene A, B og C er det like store punktladninger q.

Finn et uttrykk for den elektriske feltstyrken i D (størrelse og retning). Vi plasserer nå også ladningen q i punktet D. I hvilket punkt er nå feltstyrken lik 0 ?

Oppgave 6

Vi regner at en kulestøter i verdenseliten kan støte kula ut fra hånden med farten 15 m/s i høyden 2,0 m over bakken. Vi ser bort fra luftmotstanden.

Hvilken vinkel lønner det seg for denne kulestøteren å støte ut kula for å komme lengst mulig?
Hva blir den maksimale kastelengden?

∞

Trim i FFV

FFVT 2/90

a) Fire lettbente fysikkstudenter A, B, C og D står i hvert sitt hjørne av et kvadrat med sidekant 300 m (med A og C diagonalt overfor hverandre). Fra startskuddet går løper alle med samme fart og slik at A hele tiden løper rett mot B, B rett mot C, C rett mot D og D rett mot A. Hvis A innhenter B, hvor langt har A da løpt?

b) Samme spørsmål når tre personer A, B og C starter fra hvert sitt hjørne i en likesidet trekant med sidekant 300 m.

Løsning FFVT 1/90

Første spørsmål var om en ved å dreie et ustøtt kvadratisk bord med like lange bein alltid kan få det til å stå støtt. La oss kalle det diagonale beinpar som i utgangspunktet vipper for A og det andre diagonale paret for B. Når bordet dreies 90° om sentrum vil samme fysiske situasjon oppstå, slik at nå vil beinparet B vippe. Minst en gang under dreiningen må derfor situasjonen skifte fra vippende A til vippende B, og akkurat i overgangsstillingen står alle fire beina nedpå (den milde forutsetning er at fysikkfester bare kan avholdes på etablisementer med kontinuerlig gulv).

Hva med et rektangulært bord? Argumentet må føres annerledes: Tenk deg at bordet er hevet litt, roterer 360° om en akse loddrett på bordflata (og midt på flata) slik at de 4 bordføttene beveger seg på en sirkel. La $h(A)$ være summen av høydene over gulvet for diagonalparet A, og $h(B)$ tilsvarende for B. Dersom differansen $d = h(A) - h(B)$ er null, vil bordet stå støtt, og det skal vises at under rotasjonen vil den vinkelavhengige differansen d måtte passere null. Ved å integrere d over hele sirkelen vil integralet bli null eksakt, fordi integralet av $h(A)$ må av symmetrigrunner være lik integralet av $h(B)$. Og når integralet av d er null, må d være null noe sted.

Siste spørsmål var om en rennende væskestråle blir tynnere nedover pga overflatespenninga. For en væskestråle som holder sammen skyldes innsnevringen nedover bare

økningen i fallhastighet, fordi under stasjonære forhold strømmer samme totale væskemengde gjennom hvert tverrsnitt pr. tidsenhet. Så det er ikke overflatespenninga som klemmer strålen sammen. (Men likevel: Uten overflatespenning er det ingen grunn til at væskestrålen holder sammen.)

Forøvrig gleder problemredaktøren seg over diskusjon om trimoppgave i FFVs spalter.

∞

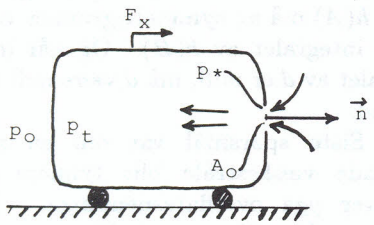
Kommentar II til løsningen av FFVT 3/89

Forover, bakover eller i ro?

FFVT 3/89 spør etter hva som skjer med en punktert vakuumtank på en jernbanevogn som kan bevege seg friksjonsfritt på horisontale skinner mens tanken fylles med luft fra omgivelsene. Vil vogna, etter en transient første fase, bevege seg framover eller bakover? To løsninger har vært lansert (FFV nr.4, 89 og nr.1, 90). I den første står vogna tilslutt stille, i den andre går den bakover.

Det er den siste oppgaveløseren (Trygve Holtebekk i FFV 1, 90) som har vært nærmest sannheten ved at han ihvertfall har trukket inn de riktige begreper - strøm av bevegelsesmengde og trykkrefter- i betraktningene, men begrepene blir bearbeidet på en slik måte at svaret likevel blir feil: Vogna vil nemlig også i dette tilfellet bevege seg framover i samme retning som ved utslipp av overtrykksgass fra tanken.

Ved løsning av mekanikkoppgaver som denne trimøvelsen jo er et eksempel på, er det en god arbeidsvane å tegne en figur, bl.a. for å holde orden på retninger - og fortegn! Litt forenklet kan situasjonen framstilles som i skissen nedenfor.



Vi tenker oss vogna holdt fast ved hjelp av den høyrerettede kraften $\boldsymbol{F}$, og har da ved hjelp av impulssatsen (Newtons 2. lov for et kontrollvolum):

$$\int_A \rho \boldsymbol{u}(\boldsymbol{u}\cdot\boldsymbol{n}dA) = -\int_A p\boldsymbol{n}dA + \boldsymbol{F} \qquad (1)$$

Hastigheten $\boldsymbol{u}$ er her rettet motsatt flatenormalen $\boldsymbol{n}$ til åpningen i tanken og likningen har derfor følgende komponent i $\boldsymbol{n}$'s retning (x-retningen):

$$\rho_* u_*^2 A_0 = (p_0 - p_*)A_0 + F_x \qquad (2)$$

Her er ρ_*, u_* og p_* verdiene av tetthet, hastighet og trykk ved kritisk strømning (Machtall lik én) gjennom bruddåpningen A_0. Denne tilstanden er realisert så lenge som

$$p_t < p_* = \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} p_0 \simeq 0.528 p_0, \gamma = 7/5 \qquad (3)$$

dvs. så lenge som trykket inne i tanken er under ca. halve atmosfæretrykket. Det er altså viktig å vite at det eksterne trykket mot åpningsflaten A_0 er p_* som ved isentropisk strømning er gitt ved uttrykket (3) ovenfor. Løst m.h. på kraften F_x gir likningen (2) ovenfor

$$F_x = \rho_* u_*^2 A_0 - (p_0 - p_*)A_0 \qquad (4)$$

Av dette uttrykket ser vi at kraften er et resultat av konkurransen mellom mottatt strøm av venstrerettet bevegelsesmengde til tanken og trykkraften $(p_0 - p_*)A_0 > 0$ som skyver mot høyre. Vi skal vise nedenfor at den første effekten dominerer, og at kraften F_x derfor blir positiv. Men dette må bety, iflg. Newtons 3. lov, at tanken trekker med en like stor og motsatt rettet kraft - $\boldsymbol{F}$ mot venstre, slik at når vi slipper taket vil vogna sette seg i bevegelse mot venstre.

Bevis:
Under antakelse om isentropisk strømning av atmosfæregass inn mot åpningen i tanken har vi fra gassdynamikken

$$\rho_* = \rho_0 \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}},$$

$$p_* = p_0 \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}},$$

$$u_*^2 = \gamma R T_0 \frac{2}{\gamma+1}$$

hvor R er gasskonstanten per masseenhet. Innsatt i likning (4) gir dette:

$$F_x = \rho_0 \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \gamma R T_0 \frac{2}{\gamma+1} A_0 - p_0 A_0 + p_0 \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} A_0$$

og ved bruk av tilstandslikningen

$p = \rho RT$

får vi

$$F_x = p_0 A_0 \times \left[(\gamma+1)\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} - 1\right] \qquad (5)$$

Her er [ ] = 0,2672 for $\gamma = 7/5$ og derfor har vi

$$\underline{F_x > 0, \text{ q, e, d.}}$$

Når fyllingen av tanken kommer så langt at (3) ikke lenger gjelder, blir strømningstilstanden gjennom åpningen subsonisk, og det tilsvarende Machtallet må bestemmes ved å ta hensyn til mottrykket p_t i tanken. Dette er en kurant, men algebraisk omfattende affære som vil gi enda mer "bustete" funksjoner med γ oppe og nede. Hovedresultatet blir imidlertid uforandret: Vogna drives mot venstre, og altså framover, for å bruke betegnelsene fra tidligere løsningsforslag.

Denne oppgaveløserern ser én eneste mulighet til å endre på denne generelle konklusjonen: Det lavere trykket $p_* \simeq 1/2 p_0$ er strengt tatt ikke skarpt avgrenset til åpningsarealet A_0. Trykkfeltet forplanter seg nok også til beholderveggen nær åpningen, slik at "lavtrykksonen" på høyre endevegg virker over et areal som er noe større enn A_0. Dette vil forsterke trykkraften mot høyre og muligens snu fortegnet på nettokraften F_x. Detaljberegningene som skal til for å fastslå dette er imidlertid svært omfattende og leder oss langt utover formatet for en trimøvelse.

Litteratur: P.A. Thompson: Compressible Fluid Dynamics. Mc.Graw-Hill, 1972.

Tor Ytrehus

∞

Hva skjer

RONDABLIKKMØTET 1990

Det årlige Rondablikkmøtet i kondenserte fasers fysikk vil i år ta til om kvelden 20. og fortsette til 23 september. Møteprogrammet begynner nå å bli fastlagt, og styret i faggruppa håper på å få 3 – 4 oversiktsforedrag fra de nordiske land, pluss et prisforedrag. Møtet blir som før støttet av NAVF. Vi håper på god oppslutning fra faggruppas medlemmer når det gjelder korte faglige innlegg. Nærmere orientering med påmeldingsskjema vil bli sendt ut om noen uker.

TO PÅMINNELSER –

En god ting kan ikke sies for ofte – vi minner om møtet **"IV Nordiske symposium om computersimulering i naturvitenskap"**, annonsert to ganger tidliger i FFV. Påmeldingsskjema er trykket i dette nummer.

Vi minner også om **"Seminar om fysikkundervisning i videregående skole, universitet og høgskole"** på Finse 14 – 17 august i år. Påmeldingsskjema finner du i forrige nummer av FFV.

UTSTYRSKOSTNADER

Bevilgende myndigheter for grunnforskningen i Norge vil uvilkårlig (og naturlig nok) skjele til den generelle prisindeks når summene skal fastsettes. For lønninger, reiser (?) og en god del andre driftsutgifter er vel dette heller ikke helt bak mål for å opprettholde en aktivitet.

Imidlertid er det en viktig komponent som ikke følger den generelle prisstigning, nemlig vitenskapelig utstyr. NAVFs styre har derfor initiert en undersøkelse for å få en oversikt over avvikene.

Forholdet er noe komplisert, fordi pris her ofte er en av flere parametre. En annen ting er forandring i forholdet pris/ytelse, samt *krav* til ytelse for utstyr til løpende forskning i "frontlinjen". Dette har ført til stor underbudsjettering til vitenskapelig utstyr.

En av FFVs redaktører (FI) er involvert i dette arbeidet, og nytter ved dette anledningen til å be om uformell "input" fra kolleger, i tillegg til en mer formell henvendelse senere til instituttene. Dersom det innen ditt fagområde har skjedd store forandringer som krever vesentlig mer omfattende og dyrere instrumenter: Ta kontakt til redaksjonens adresse (se baksiden). På forhånd takk!

Bokomtaler

E.F.Adiutori: "The Nev Heat Transfer". Ventuno Press, Ohio, 1989. (434 sider)

Jeg visste ikke at keiserens nye klær var tykke. Denne gang er de det. En ny ingeniørvitenskap kaller forfatteren verket sitt. Bort med kunstige parametre som elektrisk motstand, varmeoverføringskoeffisient, friksjonstall og alle dimensjonsløse parametre. De kan ikke måles direkte og har ingen reell betydning. De virker bare forvirrende. Isteden skal funksjonssammenhengen mellom "fysisk målbare" størrelser som strøm og spenning, varmestrøm og temperaturdifferanse, knyttes sammen med enkle talluttrykk. Benevninger spesifiseres og påføres i resultatet. Skriv ikke: $U = R \cdot I$ og $R = 2\Omega$, men: Når U måles i volt og I i ampere, er forholdet $U/I = 2$ for den kretsen vi betrakter. Spesielt i varmelæren skal metoden være fordelaktig. Vi slipper å holde greie på navn og dimensjoner av størrelser som varmekonduktivitet, -overføringskoeffisient, -kapasitet og strålingskonstanter. Kort sagt: Vi kan gå tilbake til det nivået skoleelever (og enkelte studenter) befinner seg på når de løser sine fysikkoppgaver uten å ha peiling på dimensjoner og bare putter på en passende benevning i sluttsvaret.

Et lite poeng har forfatteren når han advarer mot bruken av log-log-plott, fordi dette i enkelte tilfelle kan skjule den reelle funksjonsammenheng. Men det ville vært bedre med en forsiktig advarsel istedenfor en bastant avvisning.

Første utgave av boka kom i 1974. Forfatteren er nå kommet med en sterkt revidert utgave etter at han - etter eget sigende - har fått en dypere forståelse av sine geniale ideer. Jeg beklager på ingen måte at jeg ikke har lest hans første bok.

Trygve Holtebekk

∞

John D. Cutnell and Kenneth W. Johnson: "Physics". John Wiley & Son. 1989

Denne boka er et godt egnet verk som lærebok. Jeg har brukt den som pensum for audiografstudenter. Lydlære og elektrisitetslære er godt beskrevet og godt illustrert. Selv om vi ikke gikk igjennom hele boka var den godt egnet for audiografer, som er helsepersonell. Teorien er hverdagslig relatert. Oppgavene er gradert i forskjellige vanskelighetsgrader. Boka har gode figurer, og tabeller og eksempler er belysende for teorien. Dette gjør boka godt anvendelig for studenter ved høgskoler og universiteter. Inneholdet er dekkende på grunnfagsnivå.

George Sundt

∞

Elgarøy og Hauge: Fra strålende objekter til sorte hull. Damm. 1989. (152 sider)

En lekker bok. Omslag, papir, bilder, trykk gjør den fristende. Tittelen fenger. Sorte hull pirrer nysgjerrigheten. Dessverre kan nok enkelte som ikke har lært seg å lese alt som står med liten skrift i kjøpekontrakter, føle seg lurt. Boka handler ikke om sorte hull. Det kommer først i neste bind. Og at verket består av to bind, det står bare med liten skrift, på omslagets bakside og i forordet.

Det er vårt eget solsystemet boka handler om. Men stoffet er interessant nok. Moderne forskningsutstyr og metoder har gitt en mengde nye opplysninger både om Sola og planetene. Nye oppdagelser supplerer gammelt kjent lærebokstoff.

Innledningsvis presenterer forfatterne leserne for astronomiske instrumenter og observatorier. Det gis en grei oversikt over teleskoper og bakkeobservatorier. Men beskrivelsen av romobservatorier burde vært litt

fyldigere. Når ble Voyager-sondene sendt ut? Hvilke baner har de fulgt? Endel slike spørsmål skulle vi gjerne ha fått svar på. Forfatterne har valgt å rette større oppmerksomhet mot resultater enn metoder. Utvalgte deler av det vell av nye opplysninger som foreligger, er samlet og ordnet. Sola blir noe langt mere enn en glødende kule. Der er, om ikke liv, så iallefall livlig aktivitet. Planetene blir presentert én for én. Vi får vite om likheter og forskjeller. Dette er ikke tradisjonelt lærebokstoff, men en oversiktlig oppsummering av hva som er oppdaget i de siste decenier, med glimt bakover mot tidligere generasjoners viten og uvitenhet. Selv om sidetallet det gjøres på, er lite, margen stor og billedstoffet fyldig, sitter en likevel med følelsen av å ha fått vite mye. Og selv om billedstoffet krever plass, er bildene en fryd for øyet.

Når nytt stoff skal presenteres, må det festes på gamle knagger. Avsnittet om observatorier og instrumenter er en slik knagg. Avsnittet om stråling en annen solid knagg. Newtons gravitasjonslov må være med. Men når man etter utdypingen her, blir presentert for Poynting-Robertsen- effekten og stråletrykket som bidrar til å rense det interplanetariske rom, uten å få noen egentlig forklaring på effektene, oppstår et misforhold. Med noen flere ord hadde det latt seg gjøre å forklare hva som egentlig foregår i de to siste prosessene, hvorfor store legemer faller inn mot Sola og små drives ut.

Klassisk himmelmekanikk hører med i en bok om astronomi, og blir behørig presentert. Men av og til er forfatterne litt uheldige med ordvalget. Når det i dene ene linjen står at Jorden går rundt Solen, og i den neste at Solen bruker et år på å gå rundt på himmelen, stusser en over språkbruken. Kritikk fortjener forfatterne også for et litt tilfeldig utvalg i et forholdsvis fyldig stikkordregister. Her savner vi AU som ikke alle vet er symbol for astronomisk enhet. Her savner vi Voyager og Skylab, for å nevne litt.

Tross dette: Boka anbefales for dem som ønsker å orienterer seg i de nærmeste omgivelser utenfor vår egen klode, og den lover godt for dem som i neste omgang ønsker å vite mere om sorte hull.

Trygve Holtebekk

∞

Dictionary of scientific and technical terms, Fourth Edition. McGraw-Hill 1989.

Dette er en oppslagsbok med mer enn 100 000 termer fordelt på nesten to tusen A-4 sider. Det er ikke noe leksikon. Det er kanskje riktigere å kalle det en ordbok, med artikler på gjennomsnittlig 3 spaltelinjer, med noen få artikler på opp til 10 - 15 linjer og mange på én.

Først ble jeg skuffet over boka, fordi jeg ikke kunne finne verdien av f.eks. gravitasjonskonstanten eller stoffenes massetettheter osv. Så ble jeg begeistret fordi det var så mange ord. Som ordbok syns jeg den er utmerket. Det er faktisk vanskelig å komme på ord som ikke står i boka. Behandlingen er grundig nok til at en som kjenner noe til området, skjønner hva det dreier seg om. Den er også grundig nok til at man med en viss trygghet finner fram til ord som kan brukes i engelsk framstilling. Men den er ikke grundig nok til at man kan vurdere nyansenene i bruken av termene. Jeg hadde nok brukt denne boka mye hvis den var lett tilgjengelig, f.eks. i instituttets bibliotek.

Jeg slo opp noen grunnstoff, og la merke til at behandlingen varierer fra stoff til stoff. Atommassene er oppgitt noen steder med opp til 7 siffer, andre steder med 4, uten at jeg skjønner hvorfor. Koke- og frysepunkter oppgis for noen. Blant dem jeg slo opp fant jeg "specific gravity" bare for erbium, og verdien var 9,051 uten enhet. For å kontrollere slo jeg opp i van Nostrands Encyclopedia og fant "density" for erbium 4,77 også uten enheter. Dette viser at McGraw-Hills bok bruker metriske enheter, men det skjønner man jo ikke uten å vite det.

De siste 50 sidene er appendikser med bl.a. en god oversikt over målsystemet SI, og med en biografisk liste over ca. tusen naturvitere gjennom tidene, fra Aristotle over bl.a. Abel, Armauer Hansen og Hylleraas til Johannnes Bednorz som ble født i 1950.

I appendiksene gir boka fundamentale konstanter med de verdiene som ble publisert i 1986 av CODATA, som er den internasjonale institusjonen som steller med sånt. I boka forøvrig bruker de avvikende tall fra 1966. Også noen definisjoner i ordbokavdelingen virker som om de var skrevet for 15 år siden, bl.a. definisjonen av meteren; og atommasseenheten blir kalt amu i ordavdelingen og u i appendiks.

Min konklusjon er at jeg vil gjerne ha en ordbok som denne. Men kan jeg bare velge én oppslagsbok, foretrekker jeg en som har større artikler selv om det blir færre oppslag.

Otto Øgrim

∞

Norsk Fysikkråd

NFRs årsberetning 1989

Følgende årsberetning er vedtatt på årsmøtet 15.januar 1990.

Norsk Fysikkråd (NFR) har hatt tre møter i 1989, 6.januar i Tromsø, 18.juni i Bergen og 16.oktober i Oslo.

Medlemmene av NFR var: Aasmund Gjeitnes, Ingerid Hiis Helstrup, Halvor Hobæk, Synnøve Irgens-Jensen, Hallstein Høgåsen, Haakon Olsen, Eivind Osnes, Tormod Riste, Helge Skullerud, Jan-Erik Solheim og Per Vold.

Følgende saker er behandlet:

1. NFRs virksomhet og arbeidsmetoder.
2. Undervisningsprofil utenom emnegruppene ved universitetene og Norges landbrukshøyskole.
3. Lærebokdekningen på universiteter og høgskoler.
4. Seminar om fysikk i videregående skole og på universitetet.

1. NFRs virksomhet og arbeidsmetoder

NFR har utredet og drøftet arbeidsdelingen mellom rådet og Norsk Fysisk Selskap, mulige utredningsoppgaver og hvilket ambisjonsnivå NFR bør ha. Formannen har på grunnlag av dette trukket opp hvilke oppgaver NFR bør arbeide med. De kan deles inn i to hovedområder:

a NFR skal fungere som høringsinstans og gi råd i faglige spørsmål innen norsk fysikk etter anmodning fra departementer, Det norske universitetsråd (DNU), Rådet for

videregående opplæring (RVO), etc.

b NFR skal selv ta initiativ til tiltak som styrker norsk fysikk.

I noen utstrekning vil rådet måtte trekke veksler på medlemmer av norsk fysikkmiljø utenfor rådet for å kunne gjennomføre enkelte arbeidsoppgaver. NFR har i inneværende år tatt direkte kontakt med RVO og DNU. RVO har stilt seg positivt til at NFR kan fungere som høringsinstans, og det forventes også svar fra DNU. Utredningsoppgaver som NFR selv har tatt initiativ til er nærmere behandlet i punkt 2 og 4.

2. Undervisningsprofil utenom emnegruppene

NFR laget i 1988 en oversikt over undervisningen i 20 gruppene ved universitetene. Dette arbeidet er videreført med en oversikt over undervisningstilbudet utenom 20 gruppen (også innføringsemnene) for hvert lærested for perioden 1986-89. Astrofysikk er også tatt med, da det inngår som en del av pensumet i fysikk i videregående skole.

For å gi et inntrykk av omfanget av tilbudet nevnes at det tilbys undervisning på tilsammen 131 vekttall fordelt på 46 emner i Bergen, 197 vekttall fordelt på 60 emner, 75 vekttall fordelt på 20 emner ved AVH i Trondheim og 65 vekttall fordelt på 13 emner i Tromsø. På NTH tilbys 26 emner på 3. og 4. årstrinn med tilsammen 225 belastningstimer (ca.65 vekttall). Når det gjelder totalt antall uteksaminerte i disse emnene har det vært 507 i Bergen, 1438 i Oslo, 223 ved AVH, 1342 på NTH og 154 i Tromsø.

Resultatene vil bli trykket i Fra Fysikkens Verden.

3. Lærebokdekningen ved universiteter og høgskoler

NFR har vurdert behovet for norske lærebøker i fysikk på 20 gruppe nivå. En komite med Hans Kolbenstvedt som formann konkluderte i sin innstilling med at det ikke er behov for en generell dekning av norske lærebøker i emnegruppene, men at det er behov for norske lærebøker i de innledende fysikkemnene ved universitetene. Norsk fysikkråd sluttet seg til innstillingen fra komitéen og arbeider videre med denne saken med sikte på å få laget en norsk lærebok på grunnkursnivå.

4. Seminar om fysikk i videregående skole og på universitetet.

NFR har i lengre tid arbeidet med å arrangere et seminar for å skape større faglig kontakt mellom fysikklærere i den videregående skolen og på universitetet. Det er oppnevnt en programkomité for seminaret og et foreløpig programnotat er utarbeidet. Det er gledelig at Statens Lærerkurs har bevilget kr. 80 000,- i støtte til seminaret slik at det kan arrangeres i august 1990.

NFR har under drøfting følgende saker: Rapport om personell- og ressurssituasjoen i norsk fysikk grunnforskning, planlegging av initiativ for å styrke fysikkens stilling i samfunnet. Det er utarbeidet forslag til endring av vedtektene som vil innebære at RVO blir direkte representert i NFR.

Halvor Hobæk
Formann
Per Vold
Nestformann

∞

Nytt fra NFS

Møtekollisjoner

Det har vært en gledelig øking i NFSs fagruppers møte- og symposievirksomhet. Det har imidlertid også vært kjedelige møtekollisjoner innen beslektede faggrupper. For å unngå dette for fremtiden vil vi foreslå at tidspunktet for planlagte faglige møter meldes til Norsk Fysisk Selskaps sekretariat. Møtearrangører kan da lett finne ut om deres planlagte møter vil kollidere med andre i tid. Selskapets sekretær vil melde møtene videre til administrasjonssjef Nils Robert Nilsson ved NORDITA i København, som holder en database over planlagte møter i de nordiske land.

Nye medlemmer

Nye medlemmer tatt opp på styremøtet 19 mars 1990:

Forsker Hans Bjerke
Statens Institutt for Strålehygiene
Boks 55
1348 Østerås

Siv.Ing. Jon Thomas Kringlebotn
Elab / Runit
7034 Trondheim-NTH

Lektor Bjørn Lindblom Bjørneng
Dokka Videregående Skole
2870 Dokka

Prosjektingeniør Arnfred Lund
Norsk Forsvarsteknologi
Boks 26
2007 Kjeller

Undervisningsinspektør Jan Lysebo
Re Videregående Skole
3175 Ramnes

Student Eirik Malnes
Nordlysobservatoriet
Boks 953
9001 Tromsø

Cand.Scient. Jøran Idar Moen
Fysisk Institutt
Boks 1048 Blindern
0316 Oslo 3

Lektor Ragnar Møllerud
Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
Dk-2100 København Ø Danmark

Seksjonsleder Jon Per Rambæk
Institutt for Energiteknikk
Boks 40
2007 Kjeller

Avd. sjef Gunnar Saxebøl
Statens Institutt for Strålehygiene
Boks 55
1345 Østerås

Forsker Terje Strand
Statens Institutt for Strålehygiene
Boks 55
1345 Østerås

Nye medlemmer tatt opp på styremøtet 22 mai 1990:

Siv.Ing. Ellen Johanne Eidem
Lindås
1464 Fagerstrand

Lektor Åse Hurlen Foss
Levanger Videregående Skole
7600 Levanger

Cand.Scient. Håvard Helstrup
Fysisk Institutt
Universitetet i Bergen
Allegt. 55
5007 Bergen

Forsker Bjørn Petter Jelle
Institutt for Teknisk Elektrokjemi
7034 Trondheim-NTH

GROUPS IN PHYSICS

The seventh Trondheim workshop in theoretical physics

August 20–24, 1990

Sponsored by the University of Trondheim in cooperation with the Trondheim Seminar for Theoretical Physics and the Norwegian Physical Society.

Program

Lecture series:

Introduction to symmetries and groups

Applications in particle physics

Symmetries is solid state physics, from periodic to nonperiodic crystals

Application of group theory in classical and quantum chaos

Lecturers:

J.M. Leinaas, Oslo

K. Olaussen, Trondheim

T. Janssen, Nijmegen

P. Cvitanović, Copenhagen

The workshop gives an introduction to group theory and its application to physics, at a level suitable for graduate students. Participation is open. No registration fee.

Lectures take place in the Physics Building, NTH, lecture room F2 (second floor). Start: Monday 20 August at 9.15.

Organizing committee: Per Hemmer, Kjell Mork, Kåre Olaussen and Haakon A. Olsen. Application for participation to Per Hemmer (Teoretisk fysikk, NTH, 7034 Trondheim, tel. 07-593648) or Kjell Mork (Fysisk institutt, AVH, 7055 Dragvoll, tel. 07-591865).

Students may apply for partial support for travel and living expenses.

Registration Form

IV Nordic Symposium on Computer Simulations in Natural Science

23–25 August 1990, Sandefjord, Norway

Name: _____

Address: _____

_____

_____

_____

Telephone: _____

Bitnet/EARN: _____

Title of poster/talk _____

_____

Authors: _____

(Please submit an abstract on a separate A4 sheet of paper with 3cm margins on all four sides.)

☐ Abstract enclosed ☐ Abstract follows

Preferred mode of presentation: ☐ Oral ☐ Poster

☐ Single room (Approx. NOK 1900 for the full stay including all meals.)

☐ Double room (Approx. NOK 1400 per person for the full stay including all meals.)

☐ I apply for support from the organizers of an amount NOK: _____

☐ I wish to receive a 50% rebate sertificate on the Norwegian Rail System

☐ I wish to purchase a copy of the Proceedings (~ NOK 200)

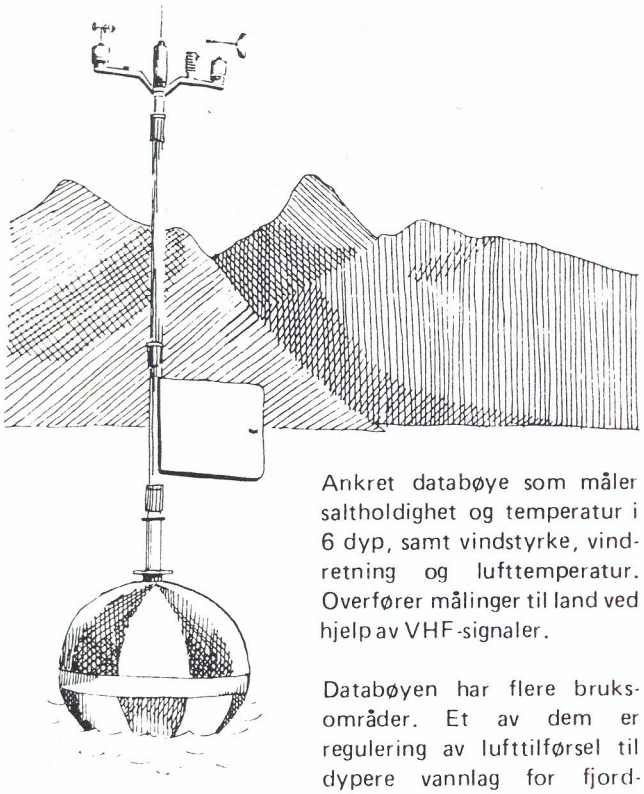
_____ _____

Date Signature

Registration forms should be sent as soon as possible to:

Einar L. Hinrichsen, Dept. of Physics, University of Oslo,
P.O. Box 1048 Blindern, N–0316 Oslo 3, Norway.
Fax: + 47/2 45 51 01, E-mail: einar%lys.uio.no@norunix.bitnet

FJORDOVERVÅKNING



Ankret databøye som måler saltholdighet og temperatur i 6 dyp, samt vindstyrke, vindretning og lufttemperatur. Overfører målinger til land ved hjelp av VHF-signaler.

Databøyen har flere bruksområder. Et av dem er regulering av lufttilførsel til dypere vannlag for fjordforbedring.

MADE BY

AANDERAA INSTRUMENTS

Fanaveien 13B
5050 Bergen, Norway
Tlf. (05) 13 25 00.Telex 40049

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:

Professor Eivind Osnes,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Visepresident:

Førsteamanuensis Johan Stadsnes,
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Styremedlemmer:

Professor Thormod Henriksen,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Professor Haakon A. Olsen,
Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim/AVH.

Amanuensis Marianne Foss,
Institutt for Matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.

Selskapets sekretær:

Gerd Jarrett,
Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Boks 40, 2007 Kjeller.
Tlf.:(06) 80 60 75
Fax.:(06) 81 09 20
Postgirokonto: 5 88 38 89.
Bankgirokonto: 5102.09.58344.

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Førsteamanuensis Øivin Holter,
Førsteamanuensis Finn Ingebretsen,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Redaksjonskomité:

Førsteamanuensis Noralv Bjørnå,
Institutt for matematiske realfag, Universitetet i Tromsø.

Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Lektor Ingerid Hiis Helstrup,
Langhaugen skole, Bergen.

Professor Per Chr. Hemmer,
Fysisk institutt, NTH, Universitetet i Trondheim.

Førsteamanuensis Egil Leer,
Astrofysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt,
Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern,
0316 Oslo 3.
Tlf.:(02) 45 64 28
Fax.:(02) 45 64 22

Fra Fysikkens Verden utkommer fire ganger årlig. Abonnement kan tegnes direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 90,-. Studenter og skoleelever kr.45,-. Løssalg kr. 30.- pr. nummer.

Postgirokonto: 0807 5 10 47 24
Bankgirokonto: 6094.05.40227