Fra Fysikkens Verden

Nr. 1 – 2003
65. årgang

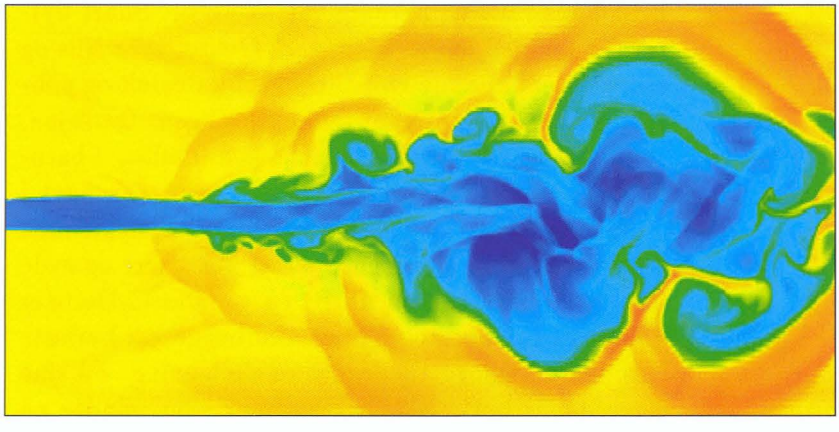
Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

J. Mann, S. Ott, H. L. Pécseli, I. M. Pécseli og J. Trulsen:
Turbulens og turbulent diffusjon 6
Olav Steinsvoll:
ESS – Den europeiske spallasjons-kilden for nøytroner – i Skandinavia? 12
Ingolf Kanestrøm:
Drivhuseffekten – Liten tue kan velte stort lass! . . 22
Fra Redaktørene 2
In Memoriam 2
Nils Skogen
Eberhart Jensen
Nytt fra NFS 4
Fysikermøtet 2003
Fysikknytt 4
Universets alder er bestemt
Gammastrålingssatellitt i bane
Indeks 2002 15
Fysikk i skolen 25
«Realfag, naturligvis!»
Nettbasert læring
Bokomtale. 27
Kommentar 28
Bokomtale
Nye Doktorer 29
Dr.scient. Joakim Bergli
Dr.philos. Petras Juzenas
Dr.scient. Halvor Møll-Nilsen
Dr.scient. Svetlana Ratynskaia
Dr.ing. Tor Erling Unander
Trim i FFV 31



Numerisk simulering av en turbulent væskestråle
(se artikkel)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Man behøver ikke å være noen stor filosof for å erkjenne at vår felles kultur drives framover av enkeltindivider, personer som utfordrer det etablerte og som er villige til å tenke radikalt nytt. Dette gjelder spesielt innen vitenskap, men også innen de fleste andre områder for menneskelig virksomhet. Nærliggende eksempler for oss nordmenn er moderne hopp- og langrennsport som ble utviklet av radikale – ikke norske – nytenkere som tok sjansen på å utfordre etablerte standarder. Selv om dette er allmenn kunnskap i Norge, er det et paradoks at vitenskapen her aldri har vært så detaljstyrt som den er i dag. I vårt annerledesland, der vi til og med lever med en illusjon om at det er "typisk norsk å være god", er iveren etter å styre vitenskaplig tenkning påfallende stor. Denne styringsiver har en tendens til å utvikle seg innen organisasjoner der kunnskap står sentralt, og bidrar ofte til å polarisere institusjonene. Polariseringen er antakelig mest merkbar innenfor universitetsmiljøene, der kunnskap og innsikt – i alle fall inntil nå – har vært den sentrale bærebjelke.

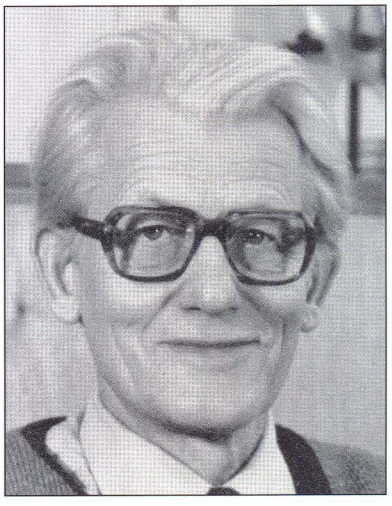
Nye styringstrukturer er nå på vei inn i universitetssystemet, og utsagn (Forskerforum, 3, 2003) fra de nye *mandariner*: "... kompetansen når det gjelder styring sitter hos oss i styret. Jeg synes ikke det er så viktig hva som kommer nedenifra" (Thommessen); "universitetsdemokratiet er et unødvendig universitetssymbol og burde bli avskaffet" (Glad), gir en ubehaglig følelse av at vi bare ser begynnelsen på en utvikling mot et lite trivelig og mer konfliktfyllt arbeidsmiljø. Denne type utvikling og polarisering, er ikke ukjent innen såkalte kunnskapsbedrifter, der resultatet ikke sjelden er avskalling av nøkkelpersonale.

Det er ikke her nødvendigvis snakk om å hindre mulighetene for en "potensiell Einstein" – dem er det uansett få av. Problemet er langt mer generelt; det kan være snakk om noe så enkelt som å kvele kreativitet – bevisst eller ubevisst. For "the establishment" er kreativitet og nytenking uforutsigbare elementer som kan utfordre den formelle autoriteten og de etablerte posisjonene.

∞

In Memoriam

Nils Skogen (1915–2003)



Universitetslektor Nils Skogen døde 1. januar, 87 år gammel. Dermed ble et originalt og allsidig vitenskapelig livsverk avsluttet. I teamarbeidets tidsalder forsvarte Skogen enmannsverkets tradisjon, samtidig som hans arbeider i første rekke var didaktisk tenkt og henvendte seg til de mange. Beskjedenhet og sans for naturens fenomener var hans kjennemerke. Han lærte sine barn å omtale øyenstikkeren som "libelle", den latinske betegnelsen, som uttrykker skjønnhet og harmløshet, og han lærte dem at flaggermusen er myk å kjenne på.

Nils Skogen var telemarking, men var født i Oslo hvor hans far i en periode var redaktør. Snart flyttet familien til farens hjemsted, Gvarv, hvor Nils og storesøster Jahanne vokste opp i et kulturelt og politisk bevisst miljø preget av høytlesingens tradisjon, som han også førte videre i sin egen familie. I barndomshjemmet sto Garborg, Vinje og Aasen høyt i ære. Han holdt fast på sin barndoms dialekt, men ble også dradd mot de europeiske klassikere og øvde seg på å oversette dem til sitt eget målføre. Dette er linjen fra Garborg og Vinje, som begge var bevisste europeere i tillegg til sin nasjonale legning. På sine eldre dager lærte Skogen seg, mer eller mindre på egen hånd, russisk og hentet ideer til eksamensoppgaver fra russiske lærebøker.

Etter artium ved Eidsvold landsgymnas i 1936, fulgte realfagene fysikk, matematikk, mekanikk og kjemi. Tema for hovedoppgaven høsten 1946, var "Byggjing av apparatur til å studere lydbylgjur i

røykblanda luft og nokre eksperiment med denne apparaturen når bylgjune vert hindra av enkle geometriske figurar", altså en variant av Kundts rør med røk i stedet for pulver. Oppgaven rommer omfattende apparatbeskrivelser, fotografiske opptak av, og teoretiske modeller for luftbevegelser i lydfelt. Fenomenfylden truer med å vokse ham over hodet, og i innledningen sier han: "På denne måten vart uppgåva vidare og kravde meir arbeid enn eg hadde rekna med." Det nevnes ingen veileder.

Fra 1947 til 1954 var Skogen assistent og stipendiat ved NTH, avbrutt av et år ved universitetet i Glasgow. Det året giftet han seg med Marit Elsrud fra Hedalen i Valdres. De fikk to barn og holdt sammen til hun døde i 1985. Fra 1954 var Skogen knyttet til Fysisk institutt i Oslo, hvor han underviste i elektrisitet og magnetisme.

I "Fysikk utan svarte boksar", utgitt av Fysisk institutt i Oslo, 1993, beskriver Skogen 33 enkle forsøk, mest fra mekanikk og væskefysikk, bl.a. forsøk med elastisk kulestøt, støtpunkt og støtsentrum, kuler som "husker" sin tidligere bevegelse og omvendte bobler i en såpeoppløsning. Såpebobler på en vannflate anskueliggjør dynamiske forhold i et krystallgitter, π bestemmes tilnærmet ved å la en tråd falle ned på et rutepapir osv. Om denne boken skrev Otto Øgrim: "Det er den mest originale bok om fysikkforsøk som er kommet på norsk" (FFV 2/94).

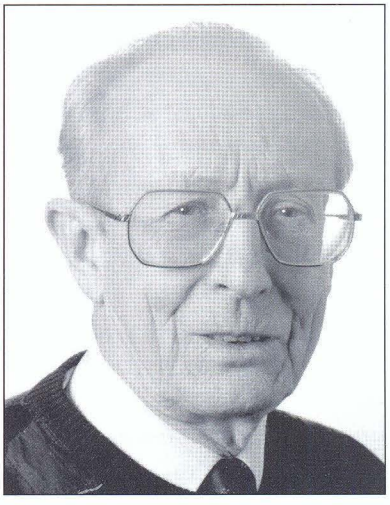
En del av forsøkene er variasjoner av forsøk fra G. Tissandier: "Videnskabelige adspredelser" (1899). Dermed berører vi Skogens metode, som han karakteriserer slik: "Ein måte å finne fram til nye eksperiment er å gå ut fra eit kjent og endre det. Etter Ernst Mach ... er denne variasjonsmetoden grunnmetoden ved all eksperimentering. I boka er det døme på ... generalisering, spesialisering, analogiar, 'motsette' fenomen, mekaniske modellar, relativistiske resonnement o.a." Skogens refleksjoner over paradokser i naturen, og hans forsøk med overflatespenning, munner ut i en lov om dualitet, som bl.a. gjelder for bobler og dråper som flyter på vann.

Skogen interesserte seg for naturfenomenet som kan frembringes "utan svarte boksar"; men blant kolleger het det seg også at "Skogen kan alt", samtidig som han i sin engstelse for å virke belærende kunne gi inntrykk av at han overvurderte kunnskapene til den som bad om råd.

For venner og kolleger
Torger Holtsmark

∞

Eberhart Jensen (1922–2003)



Professor Eberhart Jensen døde 16. januar 2003, 80 år gammel. Han var professor i astronomi ved Institutt for teoretisk astrofysikk ved Universitetet i Oslo (UiO) fra 1965 til han gikk av for aldersgrensen i 1992.

Eberhart Jensen vokste opp i Røyken og begynte sine studier i realfag ved Universitetet i Oslo i 1942. Etter å ha sittet i tysk fangenskap fra høsten 1943 til krigens slutt, fortsatte han studiene og avla cand.real.-eksamen i 1949 med innstilling til Kongen. Noen år senere, i 1953, tok han PhD-graden ved University of Chicago med Professor S. Chandrasekhar (senere nobelprisvinner) som veileder. Han ble universitetsstipendiat ved UiO i 1956, universitetslektor i 1959 og dosent i 1961. Jensen var formann i Almanakk-komiteen og redaktør for Almanakk for Norge fra 1966 til 1993. Han ble innvalgt som medlem av Det Norske Videnskaps-Akademi i 1965.

Professor Jensens vitenskapelige virke raget høyt og han nøt betydelig internasjonal anseelse for flere av sine forskningsarbeider. Hans forskningsvirksomhet var i hovedsak knyttet til teoretiske og eksperimentelle studier innen sol- og plasmafysikk. Uavhengig av hverandre fant Jensen og amerikaneren Eugene N. Parker i 1955 at magnetiske fluksrør i stjerner vil bli presset mot overflaten. Denne effekten, som er sentral i forståelsen av hvorledes solflekker dannes, kalles i dag magnetisk oppdrift. Da Jensens arbeid ble publisert i det franske tidsskriftet Annales d'Astrophysique, er det mindre kjent enn Parkers arbeid som ble publisert i det amerikanske tidsskriftet Astrophysical Journal.

Eberhart Jensen publiserte omkring 50 vitenskapelige arbeider i internasjonale tidsskrifter. Blant hans mest kjente arbeider kan nevnes hans og Frank Orralls oppdagelse av oscillasjoner i solatmosfæren med en periode på 3 minutter, publikasjoner om de fysiske forholdene i solflekker og i protuberanser, dvs. områder som er kaldere enn den omkringliggende varme koronaen, samt flere arbeider om stjerner, basert på observasjoner fra rommet.

Som universitetsstipendiat underviste Jensen det teoretiske pensumet for hovedfagsstudenter i astronomi. Hans undervisning bar preg av grundig forarbeid og han klarte å overbevise studentene om nødvendigheten av hardt arbeid. I 1956 stod han sentralt, som veileder for en gruppe fysikkstudenter, ved innføringen av faget plasmafysikk i Norge. Han skrev læreboken "Solen – En innføring i moderne solfysikk", som ble benyttet i undervisningen ved instituttet og ved andre skandinaviske universiteter. Han var en engasjert lærer, og en idérik og stimulerende diskusjonspartner og medarbeider.

Eberhart Jensen var en meget dyktig seiler og et aktivt friluftsmenneske. Sammen med sønnene var han en aktiv regattaseiler. Hans seilturer sammen med sin kjære Mona og øvrige familie ble mange, og de strakk seg ofte langt utover de norske farvann. Vi som fikk være hans kolleger gjennom mange år vil savne hans gode humør, smittende latter og kvikke replikk. Vi minnes ham i takknemlighet og i respekt. Våre tanker går til hans familie som har mistet en hengiven og kjær ektemann, far, bestefar og oldefar.

Oddbjørn Engvold og Per Maltby

∞

Nytt fra NFS

FYSIKERMØTET 2003

Fysikermøtet i år vil bli holdt på Sundvolden Hotel 9–12. august. Frist for påmelding av foredrag og postere er 1. april. Påmeldingsfrist for deltaking er 1. mai. For mer informasjon se Internett: *http://www.fys.uio.no/fysikermote/*

Velkommen!
Arrangementskomiteen

∞

Fysikknytt

Universets alder er bestemt

Den 11. februar i år sendte den amerikanske romforskningsorganisasjonen NASA ut en melding som sier: *A NASA satellite has captured the sharpest-ever picture of the afterglow of the big bang.* Dette var et bilde av den kosmiske mikrobølgebakgrunnstrålingen i universet som var så rikt på detaljer at NASA mener det må være *"... one of the most important scientific results of recent years".*[1]

Dette enestående bildet var "tatt" av NASA-satellitten WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), som hadde studert den kosmiske bakgrunnstrålingen i mikrobølgeområdet med en mye bedre nøyaktighet enn noen satellitt hadde gjort tidligere. De viktigste resultatene som er kommet ut av dette studiet til nå er:

1. Universets alder er bestemt til 13,7 milliarder år med en usikkerhet på bare 1 prosent.
2. Universet ble gjennomsiktig etter 380 000 år.
3. De første stjernene ble dannet 200 millioner år etter Big Bang.
4. Universet er "flatt".
5. Innholdet i universet er: 73 % vakuumenergi, 23 % kald mørk materie av ukjent natur og 4 % vanlig (baryonisk) materie.

Disse nye dataene, som er utledet av temperaturvariasjonene i bakgrunnstrålingen og dens polarisasjon, stemmer godt med det en skulle vente dersom det har vært en inflasjonsperiode tidlig i universets historie.

De fysiske mekanismene bak temperaturvariasjonene i bakgrunnsstrålingen er omtalt tidligere i FFV,[2] og likeså universets alder.[3] Jeg vil derfor nå bare gi en summarisk omtale av fysikken som ligger bak de *nye* resultatene.

Opprinnelig var rommet fylt av plasma, og dermed av frie elektroner. Siden fotonene stadig kolliderte med elektronene, var universet da ugjennomsiktig. Men ca. 380 000 år etter Big Bang var temperaturen sunket til ca. 3000 K. Elektroner og protoner kunne da slå seg sammen og danne hydrogenatomer. Dermed ble universet gjennomsiktig.

Området der dette skjedde, danner en flate rundt oss kalt "flaten for siste spredning". Den har

en radius på omtrent 13 milliarder lysår. Temperaturvariasjonene i bakgrunnstrålingen avspeiler tetthetsvariasjoner i den kosmiske gassen i denne flaten. Dette skyldes særlig to forhold:

1. Over mindre avstander enn horisontradien har det foregått såkalte akustiske svingninger i det kosmiske plasmaet under påvirkning av gravitasjon og trykk.
2. Over større avstander enn horisontradien eksisterer tetthetsvariasjoner som har sitt opphav i fluktuasjoner som oppsto allerede under den eksplosive inflasjonsperioden ved begynnelsen av vårt univers.

De akustiske svingningene forårsaket et mønster av tetthetsvariasjoner som avhenger av mange kosmiske egenskaper. Hvis den totale massetettheten i universet er større enn den kritiske tettheten, er rommet "positivt krummet" som en kuleflate. Da vil fotonbanene krumme mot hverandre, slik at fotoner som er sendt ut fra to punkter på flaten for siste spredning med en avstand lik horisontradien, vil treffe et teleskop med en større vinkel enn om den kosmiske tettheten av materie og energi var mindre. Også universets ekspansjonsfart og forholdet mellom tetthetene til materie og vakuumenergi, har betydning for mønsteret i temperaturvariasjonene. Den målte vinkelavstanden mellom de største temperaturvariasjonene tyder på at universet er "flatt".

I flaten for siste spredning avsetter materien for siste gang sitt mønster i den kosmiske bakgrunnstrålingen. Dette mønsteret vil bakgrunnstrålingen bære med seg i resten av universets historie, og det vil kunne fortelle oss hvordan universet så ut omtrent 380 000 år etter Big Bang.

Referanser

1. Internett: *http://science.nasa.gov/headlines/y2003/11feb_map.htm?list78679/*
2. Ø. Grøn: *Temperaturfluktuasjoner i den kosmiske bakgrunnsstrålingen.* FFV **62,** (2) 39–45 (2000)
3. Ø. Grøn: *Hvor gammelt er universet?* Fra FFV **63,** (1) 80–83 (2001)

Øyvind Grøn
Høgskolen i Oslo og Fysisk institutt, UiO.

∞

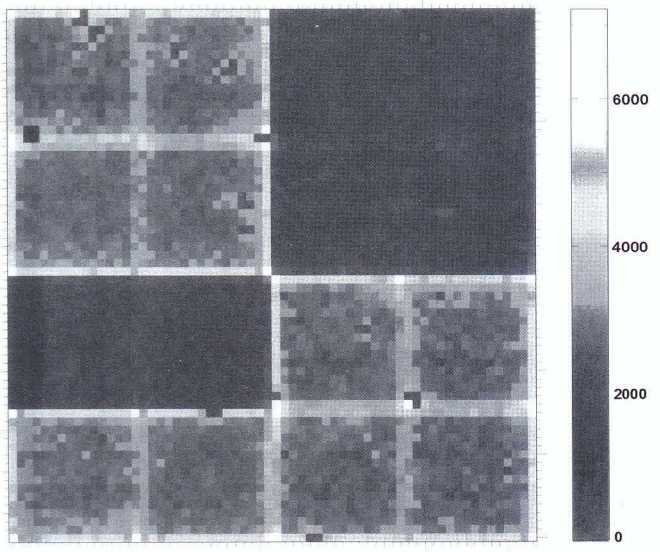
Gammastrålingssatellitt i bane

Det internasjonale gammastrålingsobservatoriet INTEGRAL (INTErnational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory), som er etablert gjennom den europeiske romorganisasjonen ESA, ble skutt opp fra Baikonur, Kasakhstan, 17. oktober 2002. INTEGRAL er bygget for å studere himmelobjekter som sender ut gammastråling, dvs. de kildene i Universet som er opphav til de mest energirike prosesser en kjenner til, som når materie trekkes inn mot sorte hull (se f.eks. Ø. Grøn: Gammaglimt, FFV 4/99).

INTEGRAL består av 4 instrumenter med synsfelt orientert i samme retning: SPI (SPectrometer on Integral), IBIS (Imager on Board Integral Satellite), JEM-X (Joint European X-Ray Monitor) og OMC (Optical Monitoring Camera). Denne sammensetningen dekker et vidt spektralområde og har en vesentlig bedre energi- og bildeoppløsning i røntgen- og gammaområdet enn andre instrumenter som har vært sendt ut i verdensrommet hittil. Observasjonene vil gå etter et bestemt program hvor satellitten vil orientere seg mot ulike gammaobjekter på himmelen. Satellitten veier ca. 4 tonn og går i en skrå elliptisk polarbane med perigee 9000 og apogee 153 000 km. Nominell levetid er 2 til 5 år.

INTEGRAL er blitt til gjennom et konsortium med deltakere fra mange land. På norsk side har Fysisk institutt ved Universitetet i Bergen og Institutt for teoretisk astrofysikk i Oslo, gått sammen for å bidra til IBIS-instrumentet som er bygget under italiensk ledelse. Hittil har arbeidet foregått i Bergen, som har gått tungt inn på instrumenteringssiden ved å delta i byggingen av VETO-subsystemet til IBIS. Dette arbeidet har bestått av en rekke forprosjekteringer, utarbeidelse av løsningsforslag, definisjon og koordinering på modul- og subsystemnivå, samt prototyping på detektor- og elektronikknivå. Endelig har en foruten alt dokumenteringsarbeid, hatt ansvaret for bygging, testing og levering av 16 flight-kvalifiserte elektronikkmoduler til VETO-detektorene. Kongsberg D&A A/S utførte montering av kretskortene.

Et VETO-system kan enkelt sammenlignes med veggene i et kamerahus som vi vet bør være tette for ikke å slippe "falskt" lys inn på filmen. Gammastråling derimot, går gjennom de fleste vegger, men lager man kameraveggen som en aktiv gammadetektor, så vil denne kunne detektere de strålene som vi ikke vil avbilde ved at det samtidig som strålen blir detektert i avbildningsenheten, sendes ut et VETO, dvs. et nei-signal, som kansellerer denne



Figur 1. Eksempel på vetosystemets reduksjon av bakgrunnstråling. De 3 mørke rektangulære PICSIT-modulene er tilkoplet et vetosignal, mens de resterende 5 ikke er tilkoplet og viser bakgrunnstellinger. En ser at vetosystemet gjør kamerahuset "mørkt" innvendig ved å redusere bakgrunnstellingene vesentlig.

strålingsbegivenheten. Dermed vil man i selve avbildningssystemet hovedsakelig samle opp begivenheter fra stråler som kommer inn gjennom kameraets lysåpning, og således få en ren og uforstyrret avbildning. Slik "tetter" VETO-systemet IBIS sitt kamerahus elektronisk.

IBIS ble slått på 7. november 2002 mens satellitten var orientert mot et område på himmelen som sender ut lite gammastråling. For testingens skyld koplet man VETO til og fra. En observerte at med frakoplet VETO, kom det høye tellerater med bakgrunnstråling og støy fra detektorene, mens med tilkoplet VETO forsvant mesteparten av denne strålingen. Kameraveggene var med andre ord "tettet", og det var blitt "mørkt" inne i kamerahuset, som figur 1 viser. At VETO-systemet var så effektivt som det her ble demonstrert, var en hyggelig bekreftelse på at VETO virket som forutsatt.

Etter utsjekkingsfasen av instrumentene, som varte ut året, er INTEGRAL nå gått inn i sitt egentlige observasjonsprogram.

Kjell Brønstad og Arne Solberg
Fysisk institutt, UiB

Turbulens og turbulent diffusjon

J. Mann,[1] *S. Ott,*[1] *H.L. Pécseli,*[2] *I.M. Pécseli*[3] *og J. Trulsen*[4]

Turbulente, eller kaotiske strømninger kan observeres daglig og har fascinert kunstnere i århundrer. Noen av de tidligste avbildninger som kjennes, stammer fra Leonardo da Vinci fra omkring år 1500. Fra et teoretisk synspunkt ble turbulens lenge betraktet nærmest som utilgjengelig. Det var først gjennom banebrytende arbeider av engelske og tyske fysikere ved begynnelsen av 1900-tallet, samt arbeidene til den sovjetiske matematikeren Kolmogorov omkring 1940, at de første skritt ble tatt mot en grunnleggende teoretisk forståelse av fenomenet.

[1] Forskningscenter Risø, Danmark,

[2] Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,

[3] Nord Jyllands Amt, Danmark,

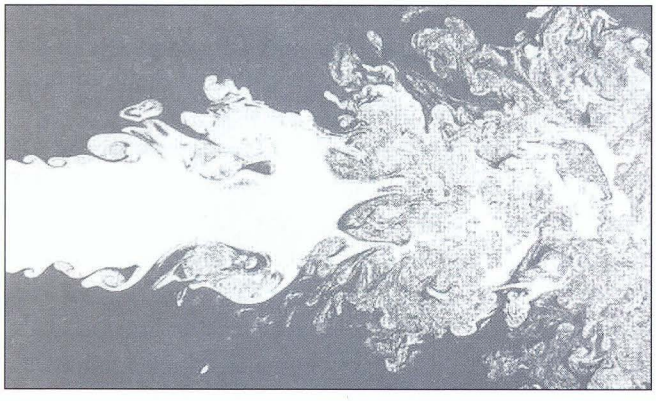
[4] Institutt for teoretisk astrofysikk, Universitetet i Oslo.

Omkring år 1870 utførte den engelske fysikeren Reynolds noen banebrytende undersøkelser av turbulens. Han lot væsker strømme gjennom rør. Ved å tilføre litt blekk gjennom en liten dyse i den enden av røret hvor han også tilførte væsken, kunne han synliggjøre væskens bevegelser. Reynolds fant at han kunne identifisere to tilsynelatende vidt forskjellige tilstander for strømningen: en *laminær* strømning hvor alle strømlinjene stort sett var parallelle, og en *turbulent* eller kaotisk, strømning.

Overgangen fra den ene til den andre tilstanden fant sted ved en veldefinert strømningshastighet. Man har senere funnet, ved varierende diametre for rørene og forskjellige strømningshastigheter, at overgangen fra den ene tilstanden til den andre kan beskrives ved en enkel parameter $R = UL/\nu$, hvor U er strømningshastigheten, L rørets diameter og ν væskens kinematiske viskositet. Parame-

teren R kalles nå Reynolds tall. Hvis R er liten, er strømningen laminær, mens den turbulente tilstanden opptrer for store verdier av R. Det var tilsynelatende likegyldig om den aktuelle verdien for R ble oppnådd ved stor U og liten L, eller omvendt. Den kritiske verdien for R lå i Reynolds eksperimenter omkring 10^3.

Fra et teoretisk synspunkt ble turbulens i mange år betraktet nærmest som utilgjengelig. Ved betraktning av f.eks. figur 1 virker det håpløst å gi et analytisk uttrykk for væskehastigheten i et utvalgt



Figur 1. Fotografiet viser en vannstråle som sendes inn i et kar med væske som til å begynne med er i ro. Vi kan se hvorledes strømningen blir mer og mer kaotisk med økende avstand fra dysen til venstre.

punkt i rommet når man unntar dyseåpningen. Det var først gjennom banebrytende arbeider av blant andre Taylor og Prandtl (en engelsk og en tysk fysiker) ved begynnelsen av 1900-tallet, samt arbeidene til den sovjetiske matematiker Kolmogorov omkring 1940, at de første skritt på veien mot en grunnleggende teoretisk forståelse ble tatt. Taylors og Prandtls fortjeneste besto i å vise hvordan man med fordel kunne angripe problemet ut fra et statistisk synspunkt. Kolmogorov videreførte disse betraktningene ved de første forsøk på en kvantitativ forutsigelse av viktige statistiske størrelser for usammentrykkelige væsker. Han konsentrerte seg især om spektrene for de fluktuerende hastigheter. På grunn av forholdene under og like etter den andre verdenskrig, ble Kolmogorovs arbeider ikke umiddelbart kjent i omverdenen. Det er interessant å legge merke til at en del av hans resultater ble gjenoppdaget av flere andre, f.eks. av Onsager, Heisenberg og von Weizsäcker.

Analytiske betraktninger

Vi skal her prøve å gi en kort oppsummering av et hovedresultat som behandler hastighetsforskjeller i turbulente væsker. Analysen som er oppsummert her er sterkt forenklet, men gjengir likevel de viktigste resultater korrekt. Vi betrakter først et turbulent hastighetsfelt hvor rom-tidsvariasjonen av den lokale væskehastigheten er beskrevet ved $\mathbf{u}(\mathbf{r}, t)$. Med dette forstår vi et vektorfelt hvor det til ethvert punkt i rommet, og til enhver tid, er tilegnet en varierende hastighetsvektor, $\mathbf{u}$.

Vi går ut fra at disse hastigheter i statistisk forstand er *homogene*. Med dette mener vi at de statistiske egenskaper vedblir å være de samme uavhengig av hvilket punkt i rommet analysen refererer til. Vi går ut fra at hastighetsfeltet også er *isotropt*, dvs. at de statistiske egenskaper ikke endres selv om vi beskriver feltet i et koordinatsystem som er dreiet i forhold til det opprinnelige. Disse antakelser er ensbetydende med at de turbulente hastighetsfelt ikke har noe punkt som utmerker seg fra andre, og at de heller ikke har noen utvalgte retninger. Dette modellsystemet må nødvendigvis være uendelig utstrakt. Dersom dette kravet ikke er oppfylt, ville det i høy grad være av betydning om vi utfører analysen inni eller utenfor systemet! Vi kan ikke ha noen lengdeskala, L, som karakteriserer systemets størrelse på samme måte som i Reynolds eksperiment. Da det ikke er noen utvalgt retning, har vi heller ikke noen strømningshastighet i mediet. Dette siste er likevel bare en formell begrensning. Vi kan endre beskrivelsen til et referansesystem som følger med en fast strømningshastighet. Det må fremheves at det systemet som beskrives her er idealisert, og at det ikke kan realiseres eksakt i noe laboratorieeksperiment. Det utgjør likevel et interessant tankeeksperiment. Man kan si at hvis ikke engang denne idealiserte situasjonen kan forstås og beskrives, så kan vi heller ikke gjøre oss forhåpninger om å kunne beskrive mer realistiske forhold. Strømningen som er vist på figur 1 oppfyller tydeligvis ikke disse idealiserte forutsetninger.

Endelig antas det at systemet er *stasjonært* i statistisk forstand. Det vil si at uansett ved hvilket tidspunkt vi velger å utføre vår analyse, får vi samme resultat. Tidsaksen har altså ikke noe utvalgt begynnelsespunkt. Dette krever implisitt at hastighetsfeltet må ha eksistert uendelig lenge, hvilket igjen er en kraftig idealisering. Det er likevel lett å forestille seg et system som har nådd en statistisk likevekt. I det omfang vi kun ser på tider

etter at en slik likevekt er oppnådd, er feilen ved stasjonaritetsantakelsen ikke så stor.

Vi ønsker nå å finne matematiske uttrykk for relevante statistiske middelverdier i det omtalte idealiserte turbulente hastighetsfelt. For ordens skyld må vi gjøre klart hva vi mener med en statistisk middelverdi i denne forbindelse. For dette antar vi at vi, i det minste i prinsippet, har et meget stort, helst et uendelig antall uavhengige eksperimentelle observasjoner til rådighet. Vi kaller dette et ensemble av realisasjoner, og går ut fra at de alle er karakterisert ved de samme *ytre* parametre. Disse parametre er væskens kinematiske viskositet, ν, og den gjennomsnittlige energidissipasjon i det rom-tidsvarierende hastighetsfelt.

Vi antar at det på en ikke nærmere spesifisert måte tilføres konstant energi til systemet, samt at fluktuasjonsnivået er konstant i tid når det tas som gjennomsnitt over hele systemet. Dette betyr at den tilførte energi til ethvert tidspunkt balanseres av den energi som dissiperes av viskositeten. Denne energien blir til varme. Den dissiperte energi pr. masseenhet væske pr. tidsenhet, kaller vi ϵ. Det vi *ikke* har kontrol over er den måte energien fordeler seg på i detalj. Den nøyaktige posisjon og størrelse av hvirvlene i figur 1 forventes f.eks. å være statistisk fordelt. Vi kan velge å ta middelverdien av hastigheten og finner med de gitte antakelser at $\langle \mathbf{u} \rangle = 0$, hvor vi med tegnene $\langle\rangle$ viser at vi tar en middelverdi over det før omtalte ensemble i et utvalt punkt. Middelkvadratet av hastigheten, $\langle u^2 \rangle$, er forskjellig fra 0, og med antakelsene om homogenitet og stasjonaritet, er den uavhengig av hvilket rom-tidspunkt vi velger å bestemme den i.

En viktig størrelse ved beskrivelsen av et turbulent hastighetsfelt er strukturfunksjonen Ψ_2. Denne gir middelkvadratet av hastighetsforskjellen mellom to punkter,

$$\Psi_2(\boldsymbol{\xi}) = \left\langle (\mathbf{u}(\mathbf{r},t) - \mathbf{u}(\mathbf{r}+\boldsymbol{\xi},t))^2 \right\rangle . \qquad (1)$$

Størrelsen gitt ved (1) er et statistisk mål for den romlige variasjon av hastighetsfeltet i den turbulente strømningen. På grunn av den antatte homogeniteten av hastighetsfeltet, vil Ψ_2 ikke avhenge av posisjonsvektoren, $\mathbf{r}$, og på grunn av stasjonariteten, heller ikke av tiden, t. På grunn av antakelsen om isotropi, venter vi at Ψ_2 ikke avhenger av retningen til separasjonsvektoren, $\boldsymbol{\xi}$, men bare av lengden $|\boldsymbol{\xi}|$. Selv om systemet er antatt homogent, vil *hastighetsforskjeller* avhenge av separasjonsavstanden. I to nabopunkter med liten separasjon, er hastighetene målt på samme tid *nesten* like, og dermed er $\Psi_2(\xi) \approx 0$ når $\xi \approx 0$. For større separasjoner er avvikelsene i de to hastighetene større, og Ψ_2 blir større.

Vi bemerker som utgangspunkt, at hastighet måles i enheten meter pr. sekund, eller om vi frigjør oss fra SI-systemet, lengde pr. tidsenhet. Vi skriver dette som ℓ/T. Strukturfunksjonen Ψ_2 måles da i enhetene ℓ^2/T^2. Vi noterer oss nå at enhver benevnt funksjon, dvs. en funksjon som uttrykker en størrelse som måles med en enhet (i motsetning til et rent tall) kan skrives som et produkt av en størrelse med den korrekte enhet og en ubenevnt funksjon av en (eller flere) ubenevnte størrelse(r). Dette lyder kanskje ikke umiddelbart opplagt. Men ved å betrakte et par prøveeksempler, kan man imidlertid overbevise seg om at det er riktig.

Vi prøver nå å anvende disse betraktninger på $\Psi_2(\xi)$. Det er opplagt at Ψ_2 må inneholde væskeparametrene ν og ϵ. Med de gitte antakelser er disse også de eneste parametre vi har. Enheten for viskositet er ℓ^2/T, og for ϵ er den ℓ^2/T^3. Det kan vises at den eneste kombinasjon av ν og ϵ som gir enheten ℓ^2/T^2, er $(\epsilon\nu)^{1/2}$. For å få en dimensjonsløs variabel som inneholder ξ, som i seg selv måles med lengdeenheten, noterer vi oss videre at den eneste ubenevnte størrelse vi kan få ved å kombinere ξ, ν og ϵ, er $\xi\epsilon^{1/4}/\nu^{3/4}$. (Leserne oppfordres til selv å vise dette!) Vi kan derfor skrive

$$\Psi_2(\xi) = (\epsilon\nu)^{1/2} F\left(\xi\epsilon^{1/4}\nu^{-3/4}\right) \qquad (2)$$

der F er en foreløpig ukjent, ubenevnt funksjon.

Vi bemerker nå at viskositeten kun påvirker de minste skalastørrelsene i et hastighetsfelt. Dette er i overensstemmelse med våre daglige iakttakelser og har et matematisk grunnlag i Navier-Stokesligningen som brukes ved analytisk beskrivelse av væsker og gasser. Med utgangspunkt i denne antakelse, venter vi at det finnes et område hvor (2) er uavhengig av ν. For at ν skal forsvinne fra uttrykket (2), kreves det øyensynlig at $F(\xi\epsilon^{1/4}/\nu^{3/4}) \sim (\xi\epsilon^{1/4}/\nu^{3/4})^{2/3}$ i det aktuelle intervallet for ξ. I denne grense forventer vi da at

$$\Psi_2(\xi) \approx C_1(\epsilon\xi)^{2/3}, \qquad (3)$$

der C_1 er en foreløbig ukjent numerisk konstant. Verdien av ubenevnte tallkonstanter kan ikke bestemmes ved diskusjoner av denne type.

Det er opplagt grunn til skepsis hva angår (3). Vi ser f.eks. at uttrykket divergerer for $\xi \to \infty$. Intuitivt ville man forvente at for meget store separasjoner vil $\mathbf{u}(\mathbf{r},t)$ og $\mathbf{u}(\mathbf{r}+\boldsymbol{\xi},t)$ være statistisk uavhengige, og derfor

$$\Psi_2(\xi) \to 2\langle u^2 \rangle \qquad \text{for} \qquad \xi \to \infty. \qquad (4)$$

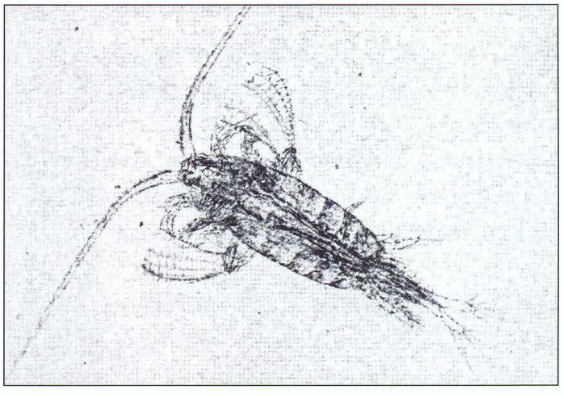
Dette er i strid med (3). Uttrykket (3) kan derfor kun forventes å være gyldig i et begrenset intervall. Vi kan altså anta at det finnes en karakteristisk lengdeskala $\mathcal{L}_c$, som begrenser gyldigheten av (3).

Turbulent blanding

Uttrykket (3), og andre uttrykk avledet av dette, er blitt meget overbevisende bekreftet eksperimentelt over store intervaller. Oppmuntret av denne suksessen, har man også interessert seg for andre karakteristiske funksjoner, f.eks. de mer generelle strukturfunksjoner $\Psi_n \equiv \langle (\mathbf{u}(\mathbf{r},t) - \mathbf{u}(\mathbf{r}+\boldsymbol{\xi},t))^n \rangle$.

Turbulente strømninger er et aktuelt og spennende forskningsområde både fra et teoretisk og et eksperimentelt synspunkt. Når man kaster et blikk på den litteraturen som finnes om dette emnet, kan man likevel bli litt overrasket. Det finnes en umåtelig mengde av lærebøker og spesialtidsskrifter som behandler turbulensfenomener. Saken er at turbulens har stor praktisk og økonomisk betydning i mange forskjellige sammenhenger. Luftforurensning f.eks. er et problem nettopp på grunn av turbulens i atmosfæren. Diffusjon på grunn av termiske bevegelser (Brownske bevegelser) er en meget ineffektiv transportmekanisme. Hvis atmosfæren alltid var i ro, kunne man bare samle forurensningene sammen under fabrikkpipene etter arbeidstid. En av de viktigste egenskapene ved turbulens er altså at den representerer en meget effektiv transportmekanisme i atmosfæren. Dette har betydning for luftbåren spredning av sykdommer, spesielt innenfor landbruket, og det har betydning ved blanding av kjemisk reaktive materialer som luft og bensindamp i forbrenningsmotorer. Det er også viktig å ta hensyn til turbulens ved design av vinger til fly og vindmøller, og ved transport av olje og gass i rørledninger.

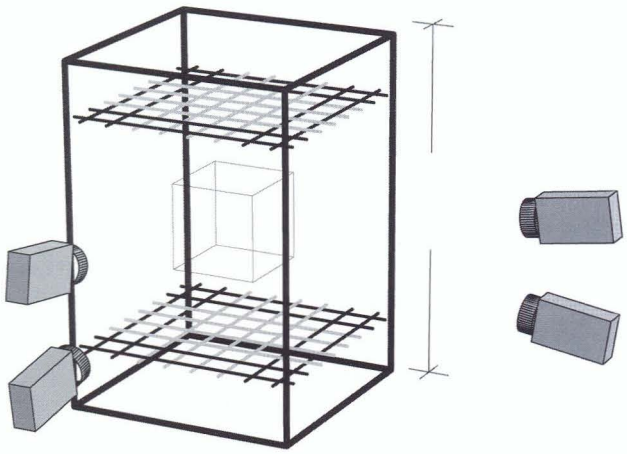
Det er også lett å forestille seg tilfeller hvor blanding eller "mixing", på grunn av turbulente forhold kan ha praktisk betydning i biologisk sammenheng. La oss f.eks. ta for oss fødeprosessen for fiskelarver. Disse lever av plankton. I dette tilfellet er både "byttet" og fiskelarven karakterisert ved å ha en forsvinnende liten egenbevegelse. Dette betyr at en fiskelarve, eller en annen tilsvarende organisme som befinner seg i stille vann, hurtig vil tømme sitt nærområde for bytte og deretter sulte. Hvis det er en jevn laminær strømning i vannet, endrer denne ingenting, både bytte og fiskelarve føres med vannet uten at de relative avstandene endres. Hvis strømningen derimot blir turbulent, er saken en annen. Somme tider fjerner de to seg fra hverandre, andre ganger nærmer de seg, og innimellom kommer byttet nær nok fiskelarven til at det kan bli innfanget. Et viktig spørsmål i denne forbindelse er hvor meget bytte pr. sekund en fiskelarve kan fange inn ved gitte turbulensparametre og gitte konsentrasjoner av bytte i det omgivende vannet. Argumentene er de samme for en stor gruppe av småorganismer som figur 2 viser et illustrativt eksemplar av.



Figur 2. Figuren viser en planktonisk marin copepod *Centopages violaceus*. I noen forbindelser opptrer den som byttedyr, og i andre (overfor alger og lignende) som "rovdyr".

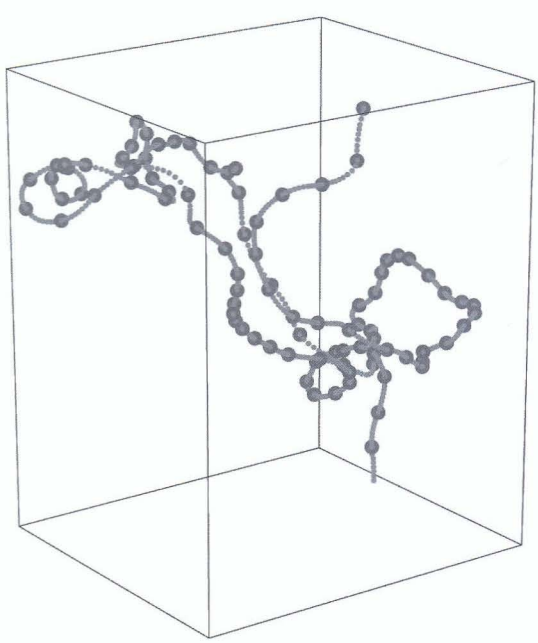
Eksperimentelle observasjoner

På grunn av den store oppmerksomheten omkring forurensningstransport i atmosfæren, er det utført mange eksperimentelle undersøkelser av turbulent diffusjon. I det følgende skal vi kort omtale et mindre laboratorieeksperiment som er oppstilt spesielt med henblikk på å studere relativ partikkelbevegelse. Eksperimentet er oppstilt på Forskningscenter Risø i Danmark, og er vist skissemessig på figur 3. Tanken er fylt med vann. Ved å bevege de to plastikkgitrene i tankens bunn og topp med frekvenser på 1–3 Hz, skapes et kontrollert og reproduserbart turbulensnivå i tanken. Små polestyrenkuler med samme egenvekt som vann og med diametre 0,5–0,6 mm, oppslemmes i beholderen, og deres baner følges ved hjelp av 4 videokameraer. Det eksponeres et bilde hvert 1/25 s med et stroboskop som er synkronisert med videokameraet. (For spesielt interesserte, kan det nevnes at stroboskopet stammer fra et diskotek.) Man registrerer altså partiklenes posisjon 25 ganger pr. s, og kan derav beregne deres hastighet med god



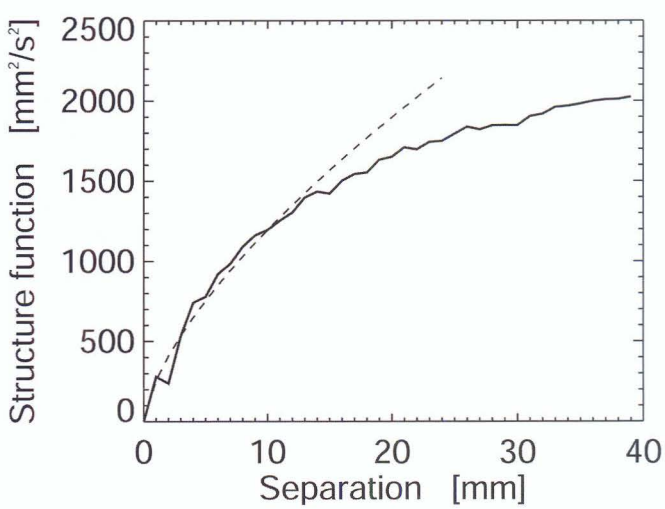
Figur 3. Skjematisk presentasjon av et laboratorieeksperiment hvor et turbulent hastighetsfelt genereres i et vannkar av to bevegelige gitre i karets bunn og topp. Banene til små polystyrenkuler i vannet kan følges av 4 videokamera som bestemmer kulenes posisjoner innenfor det markerte delvolumet midt i karet. Karets indre mål er $32\times32\times45$ cm^3.

nøyaktighet. Vi kan anta at partiklene følger passivt med i vannets bevegelser. Målingene gir dermed også *vannets* lokale hastighet. I et eksperiment følges banene for omtrent 1000 partikler samtidig i opp til 40 s. Mange baner er likevel kortere i tid. Det er ikke alltid mulig å forbinde øyeblikksbilder av partikkelposisjoner til partikkelbaner entydig hvis det skjer store "sprang" på steder med lokalt store hastighetsfluktuasjoner. Figur 4 viser en bane for en enkelt utvalgt partikkel. Typiske partikkelhastigheter er 15 mm/s.



Figur 4. Banen til en utvalgt partikkel i karet som er vist på figur 3. De små sirklene er partikkelposisjoner som er bestemt eksperimentelt, og den opptrukne linjen er den numerisk interpolerte banen.

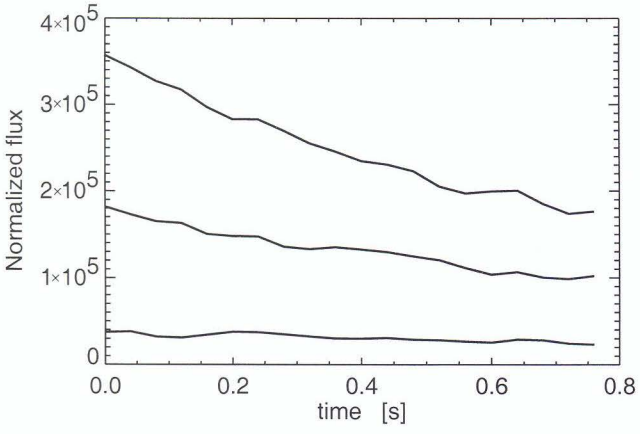
Siden vi kan anta at partikkelhastigheten representerer væskens hastighet ved partikklenes posisjoner med god nøyagtighet, er det mulig å oppnå en ganske detaljert statistisk beskrivelse av de karakteristiske parametrene for den turbulente strømningen. Figur 5 viser en eksperimentelt bestemt andre-ordens strukturfunksjon, $\Psi_2(\xi)$. Den stiplede kurven er det analytiske resultatet av (3). Vi ser at overensstemmelsen mellom de to kurvene er god for små separasjonsavstander, ξ, og vi kan trygt gå ut fra at turbulensen i dette eksperiment *virkelig* følger en universell hastighetsfordeling i et rimelig stort lengdeintervall.



Figur 5. Eksperimentelt bestemt andreordens strukturfunksjon, $\Psi_2(\xi)$. Den stiplede kurven viser resultatet av (3).

I dette eksperimentet er det også mulig å utføre detaljerte undersøkelser av turbulent diffusjon. Nå skal vi diskutere en prosess som har relasjon til det problemet som ble omtalt i siste avsnittet om turbulent blanding. Vi ønsker å estimere den turbulente fluksen av plankton til en fiskelarve. Vi vil vise at eksperimentet som er diskutert her kan bidra til å belyse dette og liknende spørsmål. Fra eksperimentet har vi som nevnt, samtidige observasjoner av opptil 1000 partikler. Vi kan nå velge én av dem til å være fiskelarve med en valgt rekkevidde $\mathcal{R}$, og la alle de andre være bytte. Så snart byttet er innenfor en avstand $\mathcal{R}$, lar vi det bli "spist", dvs. vi fjerner det fra databasen. Vi har nå en konkurranse mellom to effekter. På den ene side blir larvens nærområde tømt for bytte fordi de blir innfanget, på den andre side tilføres det hele tiden mer bytte på grunn

av den turbulente omrøringen. Denne konkurransen illustreres ved å telle antall bytte som innfanges pr. sekund, dvs. fluksen av bytte. Hvis vi bare utfører den skisserte analyse én gang, blir kurven meget uregelmessig. Med den store datamengde som står til rådighet, kan vi imidlertid utnevne mange av polystyrenkulene til å være fiskelarver og ta middelverdien av mange flukskurver, og på den måten få en god statistikk. Vi forventer at det innfanges mest bytte i det første tidsintervallet hvor tettheten av bytte er størst, og at flukskurven deretter vil avta for så å nærme seg en stasjonær verdi. I figur 6 viser vi eksempler på eksperimentelt bestemte flukskurver for tre forskjellige verdier av $\mathcal{R}$.



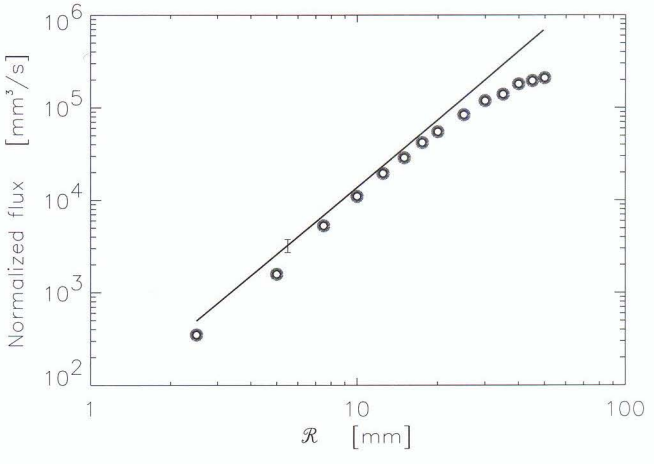
Figur 6. Eksperimentelt bestemt fluks av bytte til en "fiskelarve" for tre forskjellige rekkevidder, $\mathcal{R}$: 15, 30 og 45 mm.

Vi kan igjen ved bruk av dimensjonsargumenter stille opp et analytisk uttrykk for parametervariasjonen for den turbulente fluksen til en kule med radius $\mathcal{R}$. Partikkelfluks måles i enheten *tetthet* × *hastighet* × *areal*, som gir antall partikler pr. tidsenhet. Tettheten er her selvfølgelig tettheten av bytte i vannet, og vi kan like godt bruke en referansetetthet på f.eks. 1 partikkel pr. mm^3. Den relevante hastighet er den relative hastighet gitt ved (3) utregnet ved fiskelarvens rekkevidde $\xi = \mathcal{R}$. Det relevante areal er overflaten av den kule som fiskelarven kan tømme for bytte, nemlig $4\pi\mathcal{R}^2$. Vi søker igjen en ubenevnt funksjon av en ubenevnt variabel. Den eneste ubenevnte variabel vi kan konstruere ut fra tiden, t, samt ϵ og $\mathcal{R}$, er $t\epsilon^{1/3}/\mathcal{R}^{2/3}$. Den normerte fluks måles i enheten *(lengde)^3/tid*. Ut fra $\mathcal{R}$ og ϵ kan vi kun danne én anvendelig kombinasjon, nemlig $\epsilon^{1/3}\mathcal{R}^{7/3}$. For den normerte turbulente fluks, $J(t)$, av bytte til en fiskelarve med rekkevidde $\mathcal{R}$, har vi altså

$$J(t) = \epsilon^{1/3}\mathcal{R}^{7/3} f\left(t\epsilon^{1/3}\mathcal{R}^{-2/3}\right), \qquad (5)$$

der f er en universell ubenevnt funksjon av en ubenevnt variabel. Vi kan forvente at $J(t)$ etter en tid når en likevekt hvor det er balanse mellom det spiste bytte og det som tilføres ved den turbulente bevegelsen i væsken. I denne grense er funksjonen f konstant i overensstemmelse med f.eks. figur 6. Når J kan antas konstant, er skaleringen med parametrene ϵ og $\mathcal{R}$ bare gitt gjennom koeffisienten $\epsilon^{1/3}\mathcal{R}^{7/3}$ i (5), igjen på nær en ukjent numerisk koeffisient.

Vi kan teste parametervariasjonen av uttrykket (5) ved å utføre dataanalysen for flere verdier av $\mathcal{R}$. Vi finner resultatet som er vist i figur 7, hvor vi viser verdien av partikkelfluksen til et sent tidspunkt med sirkler (ca. 0,8 s). For små verdier av $\mathcal{R}$, er overensstemmelsen med (5) ganske overbevisende. Merk at overensstemmelsen er best for de lengdeskalaene hvor (3) er en god tilpasning til den eksperimentelt funne andre-ordens strukturfunksjonen, se figur 5. Ved å utføre eksperimentet med forskjellige turbulensnivåer, dvs. forskjellige verdier for ϵ, kan vi på samme måte analysere variasjonen med parameteren ϵ. Også i dette tilfellet er overensstemmelsen rimelig god.



Figur 7. Variasjonen av fluksen J ved et bestemt tidspunkt, $t = 0,8$ s, for flere verdier av rekkevidden $\mathcal{R}$. Den fullt opptrukne linjen er resultatet (5), hvor en numerisk koeffisient er bestemt på en annen måte med en usikkerhet som angitt ved den lille loddrette streken.

Det er mulig på en enkel måte å innebygge en "reaksjonsevne" for fiskelarvene i analysen. Vi kan f.eks. forlange at byttet er innenfor rekkevidden i mer enn et bestemt tidsinterval før vi lar det bli innfanget og spist. Det viser seg påfallende nok at dette ikke har noen dramatisk effekt. Forklaringen er antakelig at det for store rekkevidder vil komme

så meget bytte innenfor rekkevidden at det ikke betyr noe særlig om noen av dem forsvinner for hurtig til å bli innfanget. For korte rekkevidder vil variasjonen av hastighetsfeltet innenfor $\mathcal{R}$ på den andre side være moderat, slik at det meste av byttet som måtte være til stede som oftest har en liten relativ hastighet i forhold til fiskelarven, og derfor har en stor sannsynlighet for å bli innfanget.

Konklusjon

Studier av turbulens byr stadig på nye utfordringer og uventede problemstillinger. Dette delområde av klassisk fysikk har vist seg å være av stor betydning for mange forskjellige praktiske problemer i forbindelse med undersøkelser av forurensning i atmosfæren og i havene, praktisk utnyttelse av vindenergi og mange andre forhold. Vesentlige innsatsområder er studier av turbulens under inhomogene forhold som ved meteorologiske grenselag. En forståelse av inhomogene turbulente strømninger er avgjørende for å optimere plasseringen av en vindmølle. Denne type problem studeres ofte eksperimentelt. Imidlertid er det selv for homogen isotrop turbulens uavklarte problemer. I diskusjonen om analytiske betraktninger ble det stilltiende antatt at ϵ var en konstant som i prinsippet kunne antas kjent. I virkeligheten er ϵ en varierende størrelse. I noen områder er turbulensintensiteten stor, andre steder mindre. Det er kun *middelverdien* $\langle\epsilon\rangle$ vi kan anta kjent. En konsekvens av dette er at skaleringen av høyere ordens strukturfunksjoner $\Psi_n(\boldsymbol{\xi}) = \langle(\mathbf{u}(\mathbf{r},t) - \mathbf{u}(\mathbf{r}+\boldsymbol{\xi},t))^n\rangle$, $n \geq 2$ *ikke* eksakt følger den enkle lov $\Psi_n(\xi) \sim (\epsilon\xi)^{n/3}$, slik som argumentene i forbindelse med (3) ellers kunne innby til. Generaliseringen av uttrykk som (3) til situasjoner der det tas hensyn til fluktuasjonene i ϵ, opptok allerede Kolmogorov. Dette såkalte *intermittensproblem* har ennå ikke funnet sin endelige avklaring. Også forholdene omkring de minste skalastørrelser hvor dissipasjonen har betydning, er kun delvis forstått. De biologiske aspekter av turbulent blanding i vannløp og i hav er interessante, spesielt også for norsk forskning. Studiet av disse fenomener inngår i det aktuelle "Effects of North Atlantic Climate Variability on the Barents Sea Ecosystem" (ECOBE)-prosjektet, som støttes av Norges forskningsråd.

Litteratur

1. U. Frisch and S.A. Orszag: *Turbulence: Challenges for theory and experiment.* Physics Today, Januar 1990, p 24–32.

∞

ESS – Den europeiske spallasjonskilden for nøytroner – i Skandinavia?

Olav Steinsvoll *

Et konsortium av svenske, danske og norske universiteter, forskingsinstitutter og nøytronbrukerorganisasjoner har i 2002 lagt inn en interesseerklæring om å få være vertskap for den planlagte felleseuropeiske spallasjonskilden for nøytroner, ESS. Universitetsbyen Lund i Skåne, er foreslått som plasseringssted. Et organ under EU, European Strategy Forum for Research Infrastructure, ESFRI, er i gang med å vurdere de ulike europeiske planene om store anlegg for grunnforsking. ESFRI kan være begynnelsen til et alleuropeisk forskingsråd.

Nøytronspredning innen materialforsking

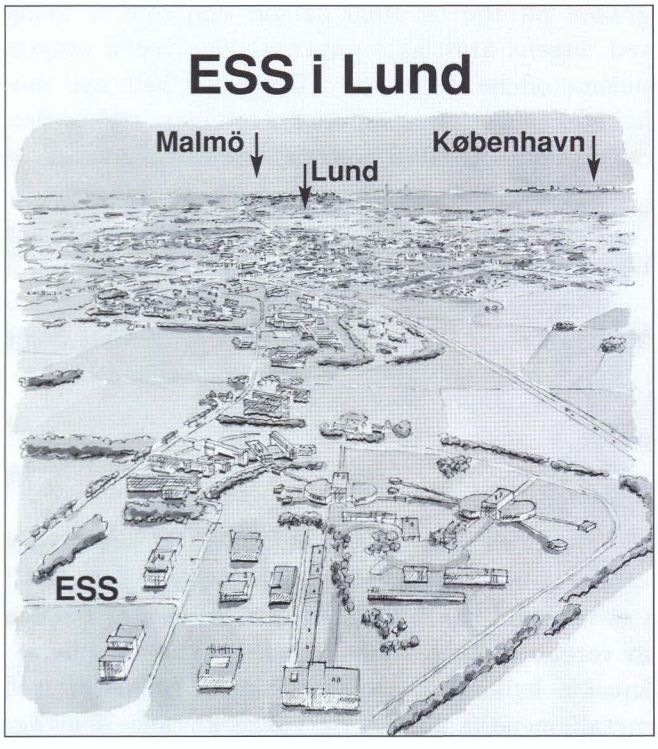
I 1994 ble Nobelprisen i fysikk gitt til forskerne

*Steinsvolls Materialforsking.

C.G. Shull og B.N. Brockhouse for å ha utviklet forskingsmetoden nøytronspredning, og ha vist at den ga muligheten til å vise "hvor atomer er og hva de gjør" i faste og flytende stoffer. Dette betyr at ved hjelp av nøytronspredning kan en finne statiske stoffstrukturer, særlig da magnetiske og hydrogenholdige strukturer, og dessuten finne hvordan atomer svinger rundt sine likevektsstillinger ved forskjellige temperaturer eller diffunderer omkring i stoffet, altså dynamiske forhold.

Dette var i pionerenes tid for 50 år sida. Etter den tid har bruken av nøytronspredning gått gjennom en voldsom utvikling både metodemessig, elektroteknisk og faglig, slik at bruken av nøytronspredning har spredd seg til stadig nye fagfelt, fra fysikk og kjemi til materialforskning, biologi, farmasi, geologi og maskinkonstruksjon. Mer og mer komplekse fenomener er blitt studert ved hjelp av nøytroner, særlig for merkelige materialer der det er flere ordningsfenomener til stede samtidig, slik som magnetisme, superledning, spinntetthetsbølger og andre rare bølgefenomener. Igjen er det orden og dynamikk (anslåtte energitilstander) i slike systemer som en kan "zoome inn" og analysere.

Det er nøytronenes materiebølgeegenskaper som utnyttes. Disse kommer fram fordi nøytronene er elementærpartikler med liten masse, nesten som protoner. Derfor kan en gjøre spredningseksperimenter med nøytroner slik en kan gjøre med lys og røntgenstråling som er elektromagnetiske bølger. På grunn av at nøytronene ikke har ladning, vil de bare vekselvirke med kjernene til atomene i ulike stoffer og vil passere upåvirket gjennom elektronskyene rundt kjernene selv hos de tyngste atomslagene, i motsetning til røntgenstråling og elektroner. Masselikheten mellom nøytroner og protoner gjør at nøytroner også "ser" hydrogenatomer i biologiske materialer særlig godt ved spredning. Nøytronstråler brenner heller ikke opp biologisk materiale. I tillegg har nøytroner et magnetisk moment, noe som gjør nøytroner særlig godt skikket til undersøkelser av magnetiske materialer. Nøytron-, elektron- og røntgenspredning er derfor komplementære eller utfyllende metoder for undersøkelser av materialers egenskaper.



Figur 1. Oversiktstegning av ESS-SI ved Lund i Sverige.

Spallasjonskilder kontra forskingsreaktorer

Inntil for et tiår siden var det stort sett bare ved forskingsreaktorer at en kunne få tilgang til kraftige stråler av langsomme nøytroner; en har snyltet på nøytroner som kommer fra uranspalting. Etter hvert har en ny måte å skaffe seg frie nøytroner på vunnet terreng, nemlig ved spallasjonsreaksjoner av tunge atomkjerner.

På engelsk betyr "to spall" å splintre. Innen fysikk er fisjon deling av en kjerne i to deler. I en spallasjon deles en kjerne i minst tre deler. Ved å bombardere et mål eller target, av f.eks. bly- eller kvikksølvkjerner med høyhastighets protoner fra en lineærakselerator, kan en få kjernene til å splintres. Atomkjernene i splintringsproduktene vil inneholde for mange nøytroner i forhold til protoner til å være stabile, og vil avgi overskuddet av nøytroner i en rask rekkefølge, noen momentant, andre "damper av" senere.

Det er en fordel at spallasjonskildene kan pulses slik at de kan avgi kortvarige nøytronskurer med en viss frekvens i motsetning til å kjøre en høyfluksreaktor kontinuerlig på full effekt. Utgangspunktet er å pulse protonstrømmen til target ettersom nøytronutsendingen vil pulsere i takt og form som denne. Pulslengden er noen mikrosekunder, og nøytronfluksen i pulsmaksimum kan overtreffe den midlere nøytronfluksen i høyfluksreaktorer med opptil en faktor hundre.

Neste skritt er så å mate nøytronene inn i diffraktometre og spektrometre der virkemåten

beror på pulsteknikk, altså flygetidsinstrumenter. Nøytronenergiene vil ligge i MeV-området, og en må omgi kilden med passende moderatorer for å bremse nøytronene ned til termiske energier i meV-området for bruk i spredningsundersøkelser av materialer.

Slike mindre spallasjonskilder fins nå flere steder i verden, og teknikken er en velkjent og sikker måte å skaffe seg nøytroner på. SINQ (Schweitzerische Neutronenquelle) i Sveits, ISIS i Oxford, England, og LANSCE i Los Alamos, er eksempler.

Litt historie

Professor Tormod Riste, UiO og IFE, kom i 1994 med en alarmerende OECD-rapport om framtidsutsiktene for tilgang på nøytroner til forsking i Europa, og i verden ellers. Han forutså at de aldrende nøytronkildene basert på fisjonsnøytroner fra reaktorer, en etter en ville bli stengt i årene fra 2005 til 2010. Dette førte til at nøytronbrukere over hele Europa organiserte seg i European Neutron Scattering Association, ENSA. Det ble også dannet nasjonale filialer av brukere tilsluttet ENSA. Den norske heter NoNSA. Arbeidet i ENSA har i hovedsak gått ut på å organisere utarbeiding av utredninger om hvordan denne framtidige "nøytrontørken" skulle avverges. Det ble raskt klart at den mest framsynte måten å løse problemet på var å gå inn for bygging av en kraftig felleseuropeisk spallasjonskilde, kalt *European Spallation Source,* ESS, på forskerhold kalt "European Source of Science".

For noen år siden kom OECD Megascience Forum med råd om en global strategi for tilgang på nøytroner for materialforsking ved å anbefale at nye tredjegenerasjons nøytronkilder burde komme i tillegg til de allerede eksisterende høyfluksreaktorene, ikke bare i Europa, men også i Nord-Amerika, Japan og Syd-Asia. Som en følge av disse anbefalingene, er det de siste åra satt i gang bygging av nye kraftige spallasjonskilder både i Oak Ridge, USA, og i Japan, som vil være i funksjon før 2010. Etter flere års stillstand er det nå begynt å skje ting i Europa også.

Den planlagte nøytronkilden, ESS

Det er mange komiteer som har vært i sving i regi av europeiske nasjonale nøytronlaboratorier for å

1. bestemme konstruksjonsparametrene for en kraftig alleuropeisk nøytronkilde
2. se hvilke fagområder som trenger nøytroner til sin forsking
3. utrede hva slags eksperimentalutstyr som bør bygges ved kilden
4. studere nettverket og samspillet mellom de gjenværende og nybygde reaktorbaserte nøytronkildene og den planlagte kilden for "miljøvennlige" nøytroner.

Konstruksjonsparameterene for ESS er blitt utarbeidet i løpet av de siste 8 åra ved et entusiastisk samarbeid mellom nøytronfysikere og akseleratorfysikere fra de største forskingssentrene i Europa. Totalt 18 nasjonale laboratorier fra 11 europeiske land har vært med. Dette arbeidet resulterte i tre store rapporter utgitt i 1997.

Ifølge de nyeste planene for ESS, bør det bygges to separate pulsete kilder på 5 MW, begge betjent av en felles lineærakselerator på 2–5 MW. Den ene kilden skal avgi lange nøytronpulser (2 ms) med frekvens 16,6 Hz, den andre kilden korte pulser (0,0014 ms) med frekvens 50 Hz. Kildene skal gi nøytroner til 48 nyutviklete og optimaliserte instrumenter. Dette viser at Europa satser på å beholde overlegenheten sin innen bruk av nøytronspredning som hjelpemiddel innen de viktige fagfeltene som det forskes på, slik som nye komplekse materialer, nanoteknologi, molekylærbiologi, medisin, geologi og teknologi. Dette er forskingsområder av stor betydning. Med ESS vil en få en økning av virkningsgraden på 100 til 1000 ganger den som er mulig ved dagens kraftigste nøytronkilder ved å utnytte pulsmetodene optimalt. Dette gir helt nye muligheter til å studere små prøvevolumer i trykkceller, ovner, magneter og i andre ekstreme omgivelser.

Etter at parametrene var bestemt, ble det i år 2000 utlyst en europeisk vertskapskonkurranse der land eller regioner, kunne melde sin interesse ved å sende inn et detaljert vertskapstilbud innen 1. mai 2002. Et stort informasjonsmøte om ESS ble holdt i Bonn i mai 2002, der alle innkomne tilbud ble presentert.

Prinsipp og teknikk

H^--ioner vil bli akselerert i en pulset lineærakselerator til store hastigheter (energi 1,33 GeV) i et nesten 1000 m langt akselerasjonsrør. I enden av røret står target som vil bli laget av tungmetall, kanskje kvikksølv. Når protonene kolliderer med metallionene, splintres de tunge kjernene i mange deler; nøytroner utløses delvis momentant og delvis

Fra Fysikkens Verden

64. årgang
2002

Norsk Fysisk Selskap
Oslo 2002

ISSN-0015-9247

Innhold FFV 2002

Nr. 1:

Fra Redaktørene 2
FFV Gratulerer 2
St. Olavs Orden til Sigve Tjøtta
Kr. Dysthe, H. Hobæk og Ø. Holter
Randersprisen til Thomas W. Ebbesen
Arne T. Skjeltorp
In Memoriam 5
Ole Kristoffer Gjötterud
Torgeir Engeland m.fl.
Magne Kringlebotn
Ivar Svare
Fysikknytt 6
Øyvind Grøn: Gravitasjonell kvanteeffekt observert
Bohrs vei til atomenes struktur
Reidun Renstrøm 8
Indeks FFV 2001 15
Universet var varmere før
Øyvind Grøn 19
Fra Fysikkens Historie 21
Terje Brundtland: Plasmafysikk på 1700-tallet
A. Egeland og B. Landmark:
Nordlyspioneren Leiv Harang
Bokomtaler 24
Atle Næss: Da jorden stod stille. Galileo Galilei
og hans tid. Gyldendal Norsk Forlag, 2001.
Paul Davies: How to build a time machine.
Allen Lane, The Penguin Press, 2001.
Nye Doktorer 27
Dr.scient. Rune Gangeskar
Dr.scient. Yngve Kvinnsland
Dr.scient. Gunnar Prytz
Dr.scient. Geir Vigdel
Dr.scient. Stein Westad Ødegård
Dr.scient. Jim-Viktor Paulsen
Trim i FFV 29
Fysikksnutt 30
S.L. Andersen og O. Øgrim: Slinkyfallet
Nytt fra NFS 31
Fysikermøtet 2002
Nye medlemmer

Nr. 2:

Fra Redaktørene 34
In Memoriam 34
Per Olav Tjøm
F. Ingebretsen, G. Løvhøiden og S.W. Ødegård
FFV Gratulerer 35
Kongens gull til Eivind Vilhelm Thrane
Tom A. Blix
Kald fusjon – Fra revolusjon til fiasko
Bjørnar Sandnes 37
Ekstra dimensjoner: Science eller Fiction?
Erik Dvergsnes og Per Osland 43
Universet som nøytrinovekt:
En ny øvre grense for nøytrinomassen
Øystein Elgarøy 48
Konferanse 52
Åshild Fredriksen:
Plasma- og gassutladningssymposiet 2002
Bokkronikk: Lucy Jago: The Northern Lights –
How One man Sacrified Love, Happiness and Sanity
to Unlock the Secrets of Space.
Hamish Hamilton, London, 2001.
Karl Måseide 54
Bokomtale 59
Stephen Hawking: Universet i et nøtteskall.
Cappelen, 2001.
Hva skjer 60
Ivar Svare: Fysiker fra NTH gir store gaver.
Trim i FFV 61
FFVT 2/02
Trimredaktøren takker av.
Nye Doktorer 62
Dr.ing. Audun Bakk
Dr.scient. Michaela Georgine Meir
Dr.scient. Hong Qu

Nr. 3:

Fra Redaktørene 66
FFV Gratulerer 66
Eberhart Jensen 80 år
Oddbjørn Engvold
Trygve Holtebekk 80 år
Linnéprisen til Anders Johnsson
Redaksjonen
In Memoriam 68
Ragnar Møllerud
Kårmund Myklebust og kollegaer
Fysikk i skolen – utfordringer i framtida
Rolf V. Olsen 69
Hva er fysikk?
Stein Dankert Kolstø 71
Bør skolefysikken omorganiseres?
Bjørn Bjørneng 73
Fysikkfaget i vårt århundre
Gaute T. Einevoll 75
Materialkunnskap i vgs
Kristian Fossheim 77
Matematikkens rolle i fysikken
Asle Sudbø 78
Kvalitativ undervisning i fysikk
Geir Arge 80
IKT i fysikkundervisningen
Odd Andresen 83
Læreplan og eksamen I
Svein Lie 85
Læreplan og eksamen II
John Haugan 87
Forskningens rolle ved utvikling av nye læreplaner
Per Morten Kind 89
Bokomtale 91
Frances A. Yates: Modernitetens okkulte inspirasjon. Giordano Bruno og arven etter Hermes Trismegistos. Pax Forlag, 2001.
Nytt fra NFS 93
Fysiker- / årsmøtet 2002
Nye medlemmer
Trim i FFV 93
Nye Doktorer 94
Dr.scient. Jørgen Hansen
Dr.ing. Anne Elise Steen Hansen
Dr.scient. Maaike Margrete Visser Taklo
Dr.scient. Walter Åsen

Nr. 4:

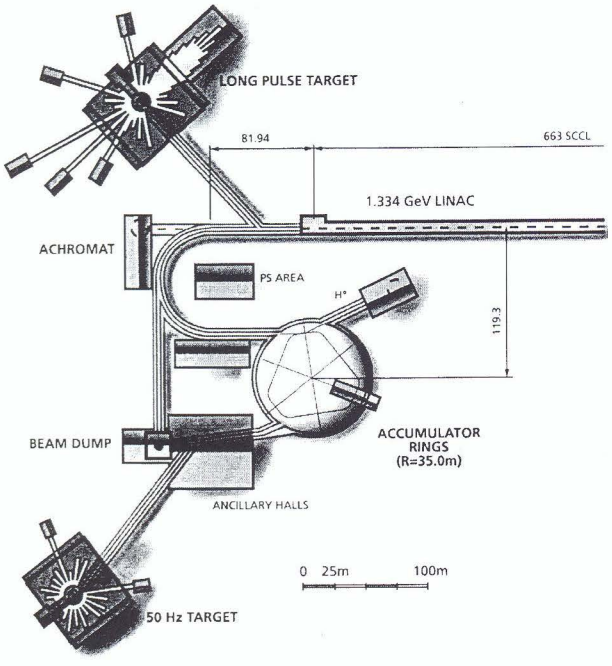
Fra Redaktørene 98
FFV intervjuer 98
Trygve Holtebekk
In Memoriam 100
Leif Owren
Ingar Singstad og Johan Stadsnes
Nobelprisen i fysikk 2002
Per Osland og Farid Ould-Saada 102
40 år med forskningsraketter fra Andøya
Eivind V. Thrane 105
Kvarkstjerner
Øyvind Grøn 110
Lys til kreftbehandling
Johan Moan og Asta Juzeniene 116
Bokomtale 121
Thormod Henriksen: Solstråling, Sol – ozon – helse. Gyldendal Norsk Forlag, 2002.
Trim i FFV 123
Nye Doktorer 124
Dr.scient. Odd Erik Garcia
Dr.scient. Lars Egil Helseth
Dr.ing. Sjur Mo
Hva skjer 126
Marianne Vinje Tantillo: En norsk studentsatellitt.
Arne Hjalmar Hansen: Oslostudenter får undervisning på Andøya Rakettskytefelt.
Nytt fra NFS 127
Fysikermøtet 2003
fysikknett.no
Nye medlemmer

∞

Forfatterregister 2002

Andersen, Sven Lilledal og Otto Øgrim:
Fysikksnutt: Sinkyfallet 30
Andresen, Odd:
IKT i fysikkundervisningen 83
Arge, Geir:
Kvalitativ undervisning i fysikk 80
Bjørneng, Bjørn:
Bør skolefysikken omorganiseres? 73
Blix, Tom A.:
Gratulerer: Kongens gull til
Eivind Vilhelm Thrane 35
Brundtland, Terje:
Fra Fysikkens Historie: Plasmafysikk på 1700-tallet .. 21
Bruvoll, Heidi:
Nytt fra NFS: Fysikermøtet 2002 31
Dvergsnes, Erik og Per Osland:
Ekstra dimensjoner: Science eller Fiction? 43
Dysthe, Kristian, Halvor Hobæk og Øivin Holter:
St. Olavs Orden til Sigve Tjøtta 2
Egeland, Alv og Bjørn Landmark:
Nordlyspioneren Leiv Harang 22
Einevoll, Gaute T.:
Fysikkfaget i vårt århundre 75
Elgarøy, Øystein:
Universet som nøytrinovekt:
En ny øvre grense for nøytrinomassen 48
Engeland, T., T. Holtebekk, F. Ingebretsen og E. Osnes:
In Memoriam: Ole Kristoffer Gjötterud 5
Engvold, Oddbjørn:
Gratulerer: Eberhart Jensen 80 år 66
Fossheim, Kristian:
Materialkunnskap i vgs 77
Fredriksen, Åshild:
Konferanse: Plasma- og gassutladnings-
symposiet 2002 52
Grøn, Øyvind:
Fysikknytt: Gravitasjonell kvanteeffekt er observert ... 6
Grøn, Øyvind:
Universet var varmere før 19
Grøn, Øyvind:
Bokomtale: Paul Davies:
How to build a time machine.
Allen Lane, The Penguin Press, 2001 25
Grøn, Øyvind:
Kvarkstjerner 110
Haugan, John:
Læreplan og eksamen II 87
Hansen, Arne Hjalmar:
Hva skjer: Oslostudenter får undervisning
på Andøya Rakettskytefelt 126
Ingebretsen, F., G. Løvhøiden og S.W. Ødegård:
In Memoriam: Per Olav Tjøm 34
Kind, Per Morten:
Forskningens rolle ved utvikling av nye læreplaner 89
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Atle Næss: Da Jorden stod stille.
Galileo Galilei og hans tid.
Gyldendal Norsk Forlag, 2001 24
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Stephen Hawking:
Universet i et nøtteskall. Cappelen, 2001 59
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Frances A. Yates:
Modernitetens okkulte inspirasjon.
Giordano Bruno og arven etter Hermes Trismegistos.
Pax Forlag, 2001 91
Kolstø, Stein Dankert:
Hva er fysikk? 71
Lie, Svein:
Læreplan og eksamen I 85
Moan, Johan og Asta Juzeniene:
Lys til kreftbehandling 116
Moan, Johan:
Bokomtale: Thormod Henriksen:
Solstråling, Sol – ozon – helse.
Gyldendal Norsk Forlag, 2002 121
Moen, Jøran:
Nytt fra NFS: Fysikermøtet 2003 127
Myklebust, Kårmund:
In Memoriam: Ragnar Møllerud 68
Måseide, Karl:
Bokkronikk: Lucy Jago: The Northern Lights –
How One Man Sacrified Love, Happiness and Sanity
to Unlock the Secrets of Space.
Hamish Hamilton, London, 2001 54
Olsen, Rolf V.:
Fysikk i skolen – utfordringer i framtida 69
Osland, Per og Farid Ould-Saada:
Nobelprisen i fysikk 2002 102
Renstrøm, Reidun:
Bohrs vei fra metallenes elektronteori
til atomenes struktur 8
Sandnes, Bjørnar:
Kald fusjon – Fra revolusjon til fiasko 37
Singstad, Ingar og Johan Stadsnes:
In Memoriam: Leif Owren 100
Skjeltorp, Arne T.:
Gratulerer: Randersprisen til Thomas W. Ebbesen 4
Sudbø, Asle:
Matematikkens rolle i fysikken 78
Svare, Ivar:
In Memoriam: Magne Kringlebotn 6
Svare, Ivar:
Hva skjer: Fysiker fra NTH gir store gaver 60
Tantillo, Marianne Vinje:
Hva skjer: En norsk studentsatellitt 126
Thrane, Eivind:
40 år med forskningsraketter fra Andøya 105

forsinket, fra hver del når kjernene prøver å stabilisere seg. Over og under target vil det bli plassert moderatorenheter (kar med vann eller flytende hydrogen) som bremser ned nøytronenes hastigheter til termiske energier (2–200 meV). For å øke utbyttet av nøytroner, er moderatorene omgitt av en reflektor av bly. En kraftig skjerm med radielle åpninger omgir denne kilden. Rundt dette target vil en bruke de pulsete nøytronstrålene direkte til forskingsformål i diffraktometre og spektrometre. Dette vil bli den såkalte langpulsstasjonen, LPTS (Long Pulse Target Station).



Figur 2. Forenklet plantegning av ESS. Ionekildene ligger til høyre utenfor figuren. Deretter kommer den lange lineærakseleratoren, LINAC. En del av de akselererte protonene treffer kvikksølvtarget i langpulsstasjonen, LPTS, direkte med frekvens 16,6 Hz og utløser 2 ms lange nøytronskurer. Instrumentene rundt nøytronkilden er antydet ved radielle utløpere. En annen del av de hurtige protonene går inn i en lagringsring som virker som en kompressor på protonskurene før de styres mot kvikksølvtarget i kortpulsstasjonen, SPTS, og utløser $1,4\,\mu$s lange nøytronskurer med frekvens 50 Hz. Nøytronenes baner i flygetidsinstrumentene er antydet ved radielle utløpere fra kilden. Over og under kildene er plassert vann- og flytende hydrogenmoderatorer omgitt av blyreflektorer. Roterende pulsformere ligger i nøytronstrålegangen foran hvert instrument. Kontrollrom og laboratorier vil bli plassert rundt anlegget.

For mange forskingsformål vil en ha bruk for instrumenter som nytter svært korte pulstog av nøytroner. En har derfor planlagt en ekstra targetstasjon som blir matet med en viss brøkdel av protonskurene fra lineærakseleratoren. Før skurene treffer tungmetalltargetet, sendes de inn i en lagringsring som trykker skurene sammen før de spores ut mot targetet der nøytronskurene blir utløst. Under bremseoppholdet i moderatorene, vil nøytronskurene flates noe ut. Derfor er det planlagt å sette opp roterende blendere ved hver nøytronkanal, såkalte choppere, som kan kutte nøytronskurene "i begge ender". Disse enhetene må settes minst 6 m fra blyveggen rundt moderatorene for å få god "nøytronmetning" i pulsene. Dette betyr at en må ha et passende "hvitt spektrum" av nøytroner i pulsen, altså et maksimalt utvalg av både lavhastighets og høyhastighets nøytroner som starter på likt fra chopperen. Dette er kortpulsstasjonen, SPTS (Short Pulse Target Station). I disse pulsede nøytronstrålene kan en sette opp flygetidsdiffraktometre og -spektrometre.

Fordeler og ulemper ved ESS

Ved en spallasjonskilde for nøytroner dannes det mye mindre radioaktivitet per produsert nøytron enn ved en tilsvarende forskingsreaktor. I reaktoren vil spalting av U-235 føre til to ustabile kjerner med midlere atomvekt. Under fisjonen utløses 2 eller 3 nøytroner, der de fleste blir brukt til å vedlikeholde kjedereaksjonen i reaktoren. Ved en spallasjonskilde fører hvert protontreff til 6–7 ustabile kjerner som totalt utløser omtrent 30 nøytroner i tillegg til dem som kommer momentant. En spallasjonskilde er derfor en mye mer effektiv kilde enn en reaktor per kjernereaksjon. Den gir bare en brøkdel så mange radioaktive kjerner som en reaktor per anvendelig nøytron. I en reaktor er dessuten enkelte radioaktive kjerner langlivete pga. nøytroninnfanging i "ballasten" U-238. Ved nøytroninnfangning i "kvikksølvballasten" (de Hg-kjerner som ikke blir truffet av protoner i en puls) er de nye kjernene kortlivete i spallasjonstilfellet. En annen fordel framfor en reaktor, er at når strømtilførselen stoppes, vil akseleratoren og nøytronproduksjonen stoppe momentant.

Skandinavisk initiativ i lokaliseringsspørsmålet

Etter initiativ fra den danske ENSA-filialen DANSSK, ble norske og svenske nøytronbrukere i slutten av 2000 invitert til dannelsen av en skan-

dinavisk interesseorganisasjon, *ESS-Scandinavian Initiative,* som skulle utarbeide en vertskapssøknad for å få plassert ESS et eller annet sted i Skandinavia. En styringskomite for ESS-SI med deltakere fra ENSA-filialene i Norge, Danmark og Sverige og fra skandinaviske universiteter og forskingsinstitutter ble dannet, der undertegnede har vært det norske medlem i egenskap av formann i NoNSA. Det ble også ansatt flere midlertidige medarbeidere som fikk som oppgave å utarbeide lokaliseringsforslaget. Dette var i entusiastenes periode!

Det var med en gang klart at hvis en skandinavisk lokalisering skulle ha noen sjanse til å bli godtatt av resten av Europa (16 land som foreløpig stiller seg bak ESS), måtte lokaliseringsforslaget konsentrere seg om Øresundsregionen, enten på svensk eller dansk side. Styringskomiteen for ESS-SI har valt den svenske siden ettersom det her er bedre plass til et kvadratkilometer stort anlegg på flatt lende (lineærakseleratoren for protoner er nærmere en kilometer lang!) med rikelig vann- og elektrisitetstilførsel og gode grunnforhold. Den gamle universitetsbyen Lund ble utpekt som vert, ettersom det der allerede fins et miljø av kritisk størrelse innen material- og biologisk forsking med synkrotronlyskildene i MAX Lab og planer om et fri-elektronlaseranlegg, MAX IV, som vil gi koherent røntgenlys. Komplementaritet og synergieffekter er her stikkord, ettersom strukturundersøkelser med røntgenlys og med nøytroner utfyller hverandre; og her vil kildene kunne ligge med gangavstand mellom.

Innenfor en sirkel med radius 50 km befinner det seg 12 universiteter med totalt 10 000 forskere og 130 000 studenter, og et stort antall forskingsparker og nasjonale laboratorier. Det kulturelle aspekt blir ivaretatt av nærheten til København og Göteborg.

ESS vil bli en stor arbeidsplass med ca. 400 fast ansatte forskere og teknikere. Det vil komme anslagsvis omkring 3000 gjesteforskere i året fra hele Europa til anlegget for å bruke utstyret. ESS vil også skape mange arbeidsplasser i det omkringliggende samfunnet. Det fins derfor ingen hovedinteressenter i denne saken, men et felles, likeverdig skandinavisk anliggende om å få plassert ESS ved Øresund.

Risikobetraktninger

Et anlegg som ESS vil ikke kunne bygges noe sted i Europa uten at det oppfyller ganske strenge EU-regler innen alle områder. Vertslandets myndigheter må også godkjenne planene. Alle nødvendige konsesjons- og miljøbestemmelser må overholdes. Den lineære protonakseleratoren vil virke som en strålekilde når den er i gang, og akseleratorrøret vil derfor bli gravd ned i bakken med tungbetong og jordskjerm over. Når strømmen slås av, stopper imidlertid strålinga. Den kraftige protonstrålen treffer et kvikksølvtarget der nøytronene utløses. Omtrent 1 m^3 Hg sirkulerer i et lukket system i hvert targetområde og blir kjølt gjennom varmevekslere. Varmen er planlagt brukt til oppvarming av boligområder i nærheten. Kvikksølvet vil etter hvert bli radioaktivt på grunn av opphoping av spallasjonsproduktene. Men moderne industri har god erfaring med å behandle slike kvikksølvmengder, og det fins ingen fare for at noe skal løpe løpsk slik at kvikksølv blir spredt til omgivelsene. ESS vil bli et sikkert forskingsanlegg.

ESFRI griper inn

En europeisk komité som skulle avgjøre plasseringen av ESS, var i gang med sine overlegninger på grunnlag av forslagene som var kommet inn. Samtidig, og parallelt med plasseringsavgjørelsen, skulle det fattes en felles europeisk politisk avgjørelse om ESS i det hele tatt skulle bygges, og hvordan de økonomiske forholdene skulle fordeles på landene i Europa. Dette viste igjen behovet for å få et *"European Research Council"* utstyrt med avgjørelsesmyndighet og penger til å satse på grunnforsking. Et nytt organ innen EU, ESFRI (European Strategy Forum for Research Infrastructure), ble opprettet våren 2002, og er et steg i denne retning. Det skal vurdere alle de europeiske planene om store anlegg for grunnforsking og anvendt forsking.

I slutten av januar i år kom det en rapport fra ESFRI der det slås fast at et nytt kraftig anlegg for forsking basert på nøytronspredning er nødvendig for at Europa på lengre sikt skal kunne beholde sin sterke stilling innen en rekke strategisk viktige forskingsområder som materialvitenskap, bioteknologi og nanoteknologi. Planene for ESS er et kostnadseffektivt forslag til et slikt anlegg. For å gjøre det lettere å få ESS gjennom de politiske beslutningsprosessene i Europa, er et mulig scenario å bygge ESS i etapper med langpulsenheten som første byggetrinn. Dessverre viser den dårlige økonomiske situasjonen for mange av Europas land, særlig Tyskland, at en må utsette den politiske beslutningen om å bygge ESS noen år utover år

2004. Med stor innsats av europeiske spesialister er grunntrekkene av den tekniske utførelsen av ESS fastlagt. På et møte av ESS Council nylig, ble det derfor bestemt å avslutte de tekniske beregningene og konsentrere ressursene om å arbeide på det europeiske politiske planet fra slutten av året.

Skandinavisk samarbeid framover

Danskene har gjennom Forskningscenter Risø, engasjert seg sterkt i ESS sentralt, og har siden 2000 gitt millionbeløp hvert år til ESS-Central Project Team (CPT) med sete i Juelich, ledet av Kurt Clausen fra Risø. For Sveriges vedkommende har Lund Universitet klart innsett de store faglige fordelene med å få ESS ved siden av MAX Labs synkrotronlyskilder, og bærer de økonomiske hovedbyrder foreløpig. Det samme har de andre universitetene i Sverige gjort. Øresund-regionen med sin store medisinske industri ser både de faglige fordeler og tenker også på regionutvikling. Danmark og Sverige har derfor operert på hver sin "banehalvdel", henholdsvis internasjonalt og regionalt, og har allerede investert atskillige millioner kroner i ESS-S.

Det ser ut som alle svenske ledd er positive og i inngrep med hverandre. ESS-SI er blitt et "ærende" for det svenske undervisningsdepartementet, og det er gått ut PM til andre departementer, slik som Finans-, Miljø- og Næringsdepartementet. Et budsjett på 6,5 MSEK over 2 år, løper allerede for forberedelsene framover.

Ledningsgruppen og dens sekretariat fortsetter derfor arbeidet som planlagt for å avslutte det en ikke rakk å få ferdig under søknadsperioden. Vertskapssøknaden står derfor ved lag og utvikles videre slik at beredskapen er på plass når Europa igjen ser seg økonomisk sterk nok til å bygge ESS. En har bl.a. planer om å opparbeide et nettverk blant stater rundt Østersjøen som støtter ESS-SI.

Internasjonalisering av norsk forsking

Det er høyst viktig for Norges framtid som høyt utviklet industrinasjon, å kunne få et slikt superanlegg i nærområdet. Det har vært mye snakk om å internasjonalisere norsk forsking i det siste. Med norsk deltaking i en ESS i Lund, vil det være mulig for studenter å få være med i den internasjonale forskingsfronten med doktorgradsarbeid. Dette vil være en god investering i kunnskapsoppbygging.

Alle de store norske forskingsprogrammene som er under utredning, FUNMAT (funksjonelle materialer), FUGE (genfunksjonsforskning), nanoteknologi og komplekse materialer, vil få bruk for nøytronspredning i sin forsking. Dette er prosjekter som ligger noe fram i tid, men de vil komme til oppblomstring på et tidspunkt som vil falle godt sammen med byggingen og fullførelsen av ESS-S ved Lund Universitet. Vanskeligheten med norsk forsking er at en sjelden har oppnådd kritisk størrelse innen noe fagfelt. I denne saken vil en kunne være med på å bygge ut miljøer av kritisk størrelse innen mange fagfelt som norsk forsking vil kunne slutte seg til i Øresundsregionen.

En kjent norsk politiker anbefalte for noen år siden å tenke seg en skandinavisk sammenhengende industriell og forskingsmessig utviklingssone fra Oslo langs østsida av Oslofjorden gjennom Sverige til Øresund. Med den nye Øresundsbrua er en slik "utviklingsbanan" enda mer aktuell. Norsk deltaking vil koste mellom ett og to hundre millioner kroner. Det vil være sørgelig om Norge ikke kjenner sin besøkelsestid.

ESS er århundrets mulighet for skandinavisk forsking innen en hel rekke viktige områder som bio- og nanoteknologi, medisin, materialer og energiteknologi, og sikkert mange anvendelsesområder som vi ikke kan forutsi nå. Europa og Skandinavia har på toppmøter i Lisboa og Barcelona uttrykt sine ambisjoner om å utvikle en verdensledende kunnskapsbasert økonomi. Da må det stilles redskaper til disposisjon for vitenskap og forsking over et bredt område. Nøytronspredning har både den allsidighet, dybde og faglige bredde som kreves.

Litteratur

1. O. Steinsvoll: *Småvinkelspredning av nøytroner i biologisk forsking.* Fra Fysikkens Verden, **53,** (1) 18 (1991)
2. T. Riste: *Neutron beams and synchrotron radiation sources.* OECD, Forum for Megascience (1994)
3. T. Riste: *Den første atomreaktoren på Kjeller.* Fra Fysikkens Verden, **57,** (1) 12 (1995)
4. O. Steinsvoll: *Nøytrontilgang og nøytronbruk.* Fra Fysikkens Verden, **60,** (1) 8 (1998)
5. O. Steinsvoll: *Materialer for neste århundre.* Foredrag i P2 Akademiet, NRK, 6.12.2000 (NRK bok V) (2000)
6. *ESF Framework Studies into Large Research Facilities. Scientific prospects for neutron scattering with present and future sources, Meeting in Autrans, France 1996.* Published by ESF and ENSA (1997)

7. ESS Council: *ESS, a next generation neutron source for Europe.*
Vol. I: *The European Spallation Source*
Vol. II: *The scientific case*
Vol. III: *The ESS technical study*
Printed at Risø National Laboratory, Denmark (1997)
8. *ESF studies on Large Research Facilities in Europe, Interim report 2000: The scientific case for a next generation European Spallation Source for Science and Research.* Jointly published by ESF, ENSA and R&D Council of the ESS project (2000)
Rapportene om ESS finnes også på Internett:
9. Om ESS: *http://www.ess-europe.de/ess_js/index.html*
10. Om ESS SI: *http://www.ess-s.fysik.lu.se/*
Animert utgave: *www.hmi.de/people/enke/ess*
Vertskapssøknaden:
http://fy.chalmers.se/~matic/ESSS/FS/

∞

Drivhuseffekten – Liten tue kan velte stort lass!

Ingolf Kanestrøm *

Mange undrer seg over klimadiskusjonen i massemedia, og en rekke skribenter er opptatt av å påpeke at karbondioksid (CO_2) og andre drivhusgasser bare utgjør en ytterst liten del av atmosfæren. Følgelig kan disse gassene neppe ha så stor betydning som klimaforskerne tillegger dem. Men ordtaket i tittelen passer godt på virkningen av drivhusgassene i atmosfæren. De siste 25 år har den globale temperaturen steget med 0,5 °C, og det siste hundreåret med 0,75 °C. Det er blant annet på bakgrunn av dette at FNs klimapanel i 1995 kunne skrive: "En avveining av bevismaterialet antyder en merkbar antropogen (menneskeskapt) virkning på det globale klima."

Drivhuseffekten, hva er det?

For å forstå hvordan drivhuseffekten virker, må vi ha kjennskap til et viktig fysisk fenomen. De aller fleste legemer sender ut elektromagnetisk stråling, vanligvis kalt varmestråling. Strålingens bølgelengde er bestemt av legemets temperatur. Vi kan utføre et enkelt eksperiment på kjøkkenet:

Fargen på en kokeplate på komfyren er i utgangspunktet svart. Setter vi på strømmen, vil vi merke at platen og luften over blir varmere. Men platen er fortsatt svart. Det vil si at vi ikke kan se varmestrålingen fra plata. Men etter hvert vil plata bli rødglødende. Det vil si at strålingen fra plata har fått en bølgelende som tilsvarer det synlige området (0,4–0,7 mikrometer) av spektret. Dette lille eksperimentet indikerer at strålingen fra et legeme får avtagende bølgelengde med økende temperatur.

Sola har en effektiv temperatur på ca. 6000 °C, og har maksimal stråling innen det synlige området av spektret. Jorda som har en midlere temperatur på 14 °C, sender ut varmestråling med maksimal strålingsintensitet ved en bølgelengde på ca. 10 mikrometer. Som vi skal se, er dette viktig for å forstå hva som ligger bak begrepet drivhuseffekt.

Betegnelsen drivhuseffekt er tatt fra det fenomenet som opptrer i et veksthus i et gartneri, eller i et gatetorg med glasstak. Av erfaring vet vi at temperaturen vanligvis vil være høyere i et veksthus enn i omgivelsene. Det er to effekter som bidrar til dette. Glasstaket hindrer varm luft i å strømme ut av veksthuset. Dermed blir det min-

*Institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo

dre varmetap ved luftstrømmer (turbulent varmetransport), og temperaturen blir høyere. Men det er ikke denne effekten vi tenker på når vi snakker om drivhuseffekten i atmosfæren. Der er det ikke noe fysisk tak som hindrer lufttransport.

Den andre effekten skyldes glassets optiske egenskaper. Glasset har den egenskapen at det slipper gjennom solstrålingen (stråling med kort bølgelengde), men det absorberer varmestrålingen (med lang bølgelengde) fra gulv og vegger i huset. Når glasset absorberer varmestråling fra omgivelsene, vil det selv sende ut stråling. Den utsendte strålingen er bestemt av glassets temperatur. Halvdelen av utstrålingen vil være rettet nedover i huset, mens den andre halvdelen vil være rettet ut mot atmosfæren. Den delen son sendes nedover vil redusere varmetapet og holde temperaturen oppe. Uten glasstak ville all strålingen fra veksthusets indre unnslippe til atmosfæren. Vi ville dermed ha et større energitap, noe som ville holde likevektstemperaturen på et lavere nivå. Det er dette som betegnes som drivhuseffekt. I atmosfæren er det noen gasser, de såkalte drivhusgassene, som utgjør "glasstaket".

Atmosfærens sammensetning

Dersom vi tenker oss at all luften hadde samme trykk og temperatur som ved bakken, ville atmosfæren bli ca. 8 km tykk, og vekten av atmosfæren ville tilsvare vekten av et 10 m tykt vannlag. Dersom vi ser på en tørr atmosfære (vi ser bort fra vanndampen), består den av 78,08 % nitrogen (N_2), 20,95 % oksygen (O_2) og 0,93 % argon (Ar). Disse tre gassene utgjør således 99,96 % av den totale tørre atmosfære. Karbondioksid, CO_2, utgjør bare 370 milliondeler av atmosfærens volum, eller ca. 2,95 m av den totale tykkelse på 8 km. Ozon er det enda mindre av, og den utgjør et lag på bare 2,5–3 mm.

Konsentrasjonen av vanndamp i atmosfæren varierer, men i middel tilsvarer vanndampen og vanndråper i skyene et vannlag på 2,5 cm. Av andre drivhusgasser kan vi nevne metan (CH_4), lystgass (N_2O), nitrogendioksid (NO_2) og KFK-gasser. Mengden av disse gassene i atmosfæren er mindre enn 1 % av CO_2.

Drivhusgasser

Gassene vanndamp, karbondioksid, metan, nitrogendioksid, lystgass, ozon og KFK-gassene har fått betegnelsen drivhusgasser eller klimagasser. Årsaken er at disse gassene absorberer deler av varmestrålingen fra jordoverflata og atmosfæren, og sender ut varmestråling avhengig av gassenes temperatur. Men de absorberer lite av solstrålingen. Derfor har de egenskaper som tilsvarer glasset i drivhustaket. De slipper gjennom solstråling, men absorberer varmestråling. En forskjell er at drivhusgassene ikke er konsentrert i et tynt lag som glasset i et veksthus, men er fordelt over store deler av atmosfæren. Men det ødelegger ikke bildeanalogien. De tre hovedgassene i atmosfæren (N_2, O_2 og Ar) har helt andre optiske egenskaper. De absorberer ikke solstråling (unntatt for de aller korteste bølgelengdene), heller ikke absorberer de eller sender ut, varmestråling med de temperaturforhold vi har i atmosfæren. Det vil si at det aller meste av atmosfæren ikke deltar i strålingsprosessene og er uten interesse når det gjelder drivhuseffekten. Den bidrar bare til å øke atmosfærens varmekapasitet.

Er drivhusgassene viktige?

Erfaringer viser at selv små mengder av noen gasser er livsviktige. Som nevnt ville ozonet bare utgjøre et lag på 2,5–3 mm om all gassen var samlet ved bakken. Men denne ubetydelige gassmengden er livsviktig. Den beskytter oss mot ultrafiolett stråling fra sola. Uten ozon ville livet på jorda slik det arter seg i dag, ikke kunne eksistere.

Avstanden mellom sola og månen er i middel lik avstanden mellom sola og jorda. Det betyr at solstrålingen som de to himmellegemene mottar per flateenhet, er like stor. Men månen har ingen atmosfære, og der er middeltemperaturen -18 °C, mens den på jorda er 14 °C. Differensen på 32 °C må derfor i hovedsak skyldes atmosfæren rundt jorda. Men der det bare er drivhusgassene som vekselvirker med strålingen, så det må være disse som står for forskjellen i temperatur. Dette viser at selv små konsentrasjoner av drivhusgasser er livsviktige.

Et annet moment som blir trukket fram i massemedia, er forholdet mellom vanndamp og karbondioksid. Beregninger viser av vanndampen har en virkning på drivhuseffekten som er omlag dobbelt så stor som virkningen fra karbondioksid. Konsentrasjonen av vanndamp i atmosfæren er bestemt av fordampning og nedbør. Dette er det naturen selv som bestemmer. Da vanndampen har større effekt enn karbondioksid, mener noen at da er det uvesentlig om vi produserer noe mer CO_2. Men

dette er en for enkel slutning. For dersom mengden av CO_2 i atmosfæren øker, vil temperaturen øke. Med økt temperatur vil atmosfærens evne til å holde på vanndamp også øke. Dette tilsier at mengden av vanndamp i atmosfæren øker, og dermed vil drivhuseffekten forsterkes ytterligere. Dette kaller vi på fagspråket en positiv tilbakekopling fra CO_2. Dette viser at selv om vanndampen bidrar mer til drivhuseffekten enn CO_2, så vil tilbakekoplingen via vanndampen forsterke effekten av økt CO_2-mengde. Derfor er ikke motargumentet om at vanndamp har større virkning enn CO_2 noe godt argument for å la være å begrense utslippene av karbondioksid.

Utslipp av CO_2

Karbon inngår i et kretsløp i naturen. Når planter vokser ved fotosyntese, tar plantene opp CO_2 fra atmosfæren og produserer plantematerialer. Når plantene brytes ned, reagerer karbon med oksygen og sender CO_2 tilbake til atmosfæren. Tilsvarende prosesser finner man i havet. Årlig går det en strøm av ca. 150 milliarder tonn karbon (550 milliarder tonn CO_2) mellom atmosfæren og vegetasjon/hav. Dersom det ikke er noen netto produksjon av biomateriale på land eller i havene, vil strømmen være like stor i begge retninger, og CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren ville forbli konstant.

I 1990 var energiforbruket i verden på 104 billioner ($1,04 \cdot 10^{14}$) kWh. 77 % av energiforbruket ble dekket av fossilt brensel, dvs. olje, kull og gass. Ved bruk av slikt brensel, blir det frigjort CO_2 som har ligget i jorda i flere hundre millioner år. Dermed øker utslippet av CO_2 til atmosfæren med ca. 20 milliarder tonn CO_2. Selv om dette er lite sammenlignet med den naturlige utveksling på 550 milliarder tonn, er det ikke uvesentlig. CO_2-mengden i atmosfæren har økt med godt 30 % siden førindustriell tid.

Naturlige klimavariasjoner

Klimaet har variert lenge før menneskene hadde noen mulighet til å øve innflytelse på det. I de siste millioner år har klimasystemet svingt mellom kalde istider og relativt varme mellomistider. Svingningene har skjedd med perioder på omlag 100 000 år. Mellomistidene har hatt kortere varighet enn istidene. Dette er blitt brukt som et argument for å bagatellisere virkningen av økt drivhuseffekt.

Forskerne mener nå at de kjenner de viktigste årsakene til disse variasjonene. Allerede i 1930 beregnet den jugoslaviske astronomen Milutin Milankovitch innstrålingen fra sola på jorda som funksjon av tid og breddegrad. Han pekte på tre parametre som er viktige, og som varierer periodisk. Jorda går i en elliptisk bane rundt sola. Eksentrisiteten, målet på avviket fra en sirkelbane, er liten, men den varierer fra en utpreget ellipseform til en mer sirkulær form. Det betyr at avstanden til sola, og dermed innstrålingen, vil variere over denne perioden som er på ca. 100 000 år.

Vi vet at jorda roterer om sin egen akse. Rotasjonsaksen danner en vinkel med normalen til baneplanet. Denne vinkelen varierer mellom 21,6 og 24,5°. For tiden er vinkelen 23,5°. Sesongvariasjonen i solstrålingen, særlig ved høye bredder, øker med helningsvinkelen. Perioden er på ca. 41 000 år. Siste maksimum på 24,5°, hadde vi for ca. 10 000 år siden.

Den tredje parameteren er knyttet til jordaksens retning i forhold til stjernehimmelen. Bevegelsen har en periode på omkring 23 000 år. Denne parameteren er viktigst når eksentrisiteten til jordbanen er størst. Beregninger viser at variasjonen i baneparametrene i perioder kan gi kalde somrer og milde vintrer ved høye breddegrader. Det betyr at snødekket, og dermed refleksjonen fra snø og is, kan øke og dermed gi grunnlag for istider.

Data fra iskjerner i Antarktis for de siste 420 000 år gir oss et godt bilde av variasjoner i temperaturen. Dataene viser også at CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren har variert. Den har vært høyest under mellomistidene og lavest under istidene. Ved å ta hensyn til variasjoner i bioproduksjonen i havet, har man kunnet simulere en tilsvarende variasjon, men med noe mindre amplitude, Ikke noen gang i løpet av de siste 420 000 årene har CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren vært så høy som nå. For de siste 1000 år har man forholdsvis gode data for den globale temperaturen. Ikke i noen periode har temperaturen steget så raskt som i de siste 100 år.

Avslutning

Som vi har sett, er størstedelen av atmosfærens totale masse "tilskuer" til atmosfærens drivhuseffekt. Det er derfor ikke hensiktsmessig å angi økningen av klimagasser i forhold til den totale massen i atmosfæren. Det er den relative økning som er viktig.

Nå er det ikke min hensikt å gi uttrykk for at en menneskeskapt økning i konsentrasjonen av klima-

gasser er den eneste årsak til observert temperaturøkning de siste hundre år. Mulige andre årsaker kan til dømes være variasjoner i utstråling fra sola. Men slike årsaker kan ikke benyttes som bevis for at økt konsentrasjon av drivhusgasser er uten betydning. Fysikken som ligger til grunn for drivhuseffekten er relativt enkel og godt forstått. At klimasystemet er komplisert, gjør det vanskelig å beregne den nøyaktige størrelsen av temperaturforandringer som følger økt konsentrasjon av drivhusgasser. Men det samme problemet vil en møte om en vil forsøke å beregne effekten av eventuelle forandringer i utstrålingen fra sola.

Litteratur

1. Th. Henriksen og I. Kanestrøm: *Klima – Drivhuseffekt – Energi.* Gyldendal Akademisk (2002)
2. J. Houghton: *Global Warming.* Lion Publishing (1994)
3. Internett: *http://met- office.gov.uk/research/ hadleycentre/*

∞

Fysikk i skolen

"Realfag, naturligvis!" – UFDs strategi for styrking av realfagene

Fra Fysikkens Verden nr. 3 2002, var et spesialnummer som var viet fysikkfaget i den videregående skolen (vgs). Nå har Utdannings- og forskningsdepartementet (UFD) publisert et dokument som beskriver deres strategi for å styrke realfagene. Dette dokumentet har tittelen "Realfag, naturligvis!"[1] Dette er et svært interessant dokument for alle som er opptatt av problemet med rekruttering til realfagene. For oss som er opptatt av fysikkfaget i vgs gir det noen nye signaler som gir ytterligere motivasjon for den prosessen som ble satt i gang med FFV nr. 3 2002.

La oss starte med en kort beskrivelse av dokumentet som helhet. Det innledes med en beskrivelse av "realfagskrisen" som vårt land er i; fallende rekruttering både til realfagene i vgs og til høyere studier i realfag/teknologi, svakt kvalifiserte lærere i grunnskolen og frafall av kompetente lærere i vgs pga. høy gjennomsnittsalder. På bakgrunn av denne krisebeskrivelsen foreslås det en rekke konkrete mål for perioden 2002–2007, samt en kortfattet beskrivelse av mulige tiltak for å nå disse målene. Generelt har disse målene og tilhørende tiltak et hovedfokus på matematikkfaget, og da spesielt i grunnskolen. Selv om dette er en viktig bakgrunn også for den pågående debatten om fysikkfaget i vgs, vil jeg her fokusere på de få målene i dokumentet som er direkte rettet mot fysikkfaget.

Det er blitt stilt opp tre mål for den videregående opplæringen:

1. *Ivareta behovet for relevans, kjønnsperspektiv og aktualitet.* I videregående opplæring skal minst 40 % av elevene som tar fordypning i matematikk og fysikk, være jenter.
2. *Sikre tilstrekkelig omfang i obligatoriske fag og studieretningsfag.* På studiekompetansegivende retninger i videregående opplæring skal 40 % av elevene ta fordypning i matematikk og 25 % av elevene ta fordypning i fysikk.
3. *Sikre tilstrekkelig rekruttering av lærere.* Rekrutteringen av lærere med hovedfag/ mastergrad i matematikk og fysikk til videregående opplæring skal være lik avgangen av slike lærere innen 2007 (ref. 1, s. 17).

Dette må sies å være svært ambisiøse mål. Eksempelvis kan det nevnes at det i 2002 ble uteksaminert 2800 elever i 3FY. Helt konkret sier det andre målet ovenfor at innen 2007 skal dette tallet komme opp i 6000! De andre målene er tilsvarende ambisiøse. Beskrivelsen av den krisen som realfagene er inne i gir grunn for å sette ambisiøse mål, men for at mål skal være nyttige styringsredskaper må de også være realistiske. Graden av realisme i disse målene kan vurderes ut fra de tiltakene som dokumentet lister opp. Nedenfor gis en kortfattet oppsummering av noen av disse.

- Utvikle nye arbeidsmåter i realfagene
- Stimulere til forsøksvirksomhet lokalt
- Innføre nye vurderingsformer
- Hindre at elever straffes med svakere karakterer i realfag enn de samme elevene ville ha fått i andre studieretningsfag
- Lokale tiltak for å stimulere jenter til å velge realfag
- Motivere for deltagelse i konkurranser i realfag (Fysikk-OL, Abel-konkurransen etc.)
- Opprettelse av nasjonalt senter for naturfagene knyttet til UiO

Dette er tiltak som vi alle bør hilse velkomne. Det er imidlertid all grunn til å påpeke at før dette dokumentet eventuelt følges opp med konkretiseringer, så bør vår optimisme være begrenset. Dette er ikke en stortingsmelding eller proposisjon. Det er et dokument som beskriver intensjonene som departementet har. Det gir i utgangspunktet ingen flere forpliktelser for departementet enn et valgløfte gir for en politiker.

En konkret oppfølging kunne departementet ha gjort i et annet dokument som ble publisert omtrent samtidig. De gamle forskriftene for opptak til høyere studier, i alt tre av dem, ble erstattet av en ny forskrift.[2] Vi vet at mange elever er svært "instrumentelle" i sine valg av studieretningsfag i vgs. Dersom man i denne forskriften hadde innført krav om 3FY på realfaglige prestisjestudier, eksempelvis medisinstudier og NTNUs ingeniørstudier, ville UFD ha gitt et viktig signal om at strategiplanens mål om mer enn en dobling av antallet studenter med fordypning i fysikk, ses på som svært viktig. Dessverre har ikke dette skjedd. Generelt øker kravene om realfaglige studieretningsfag for opptak på studier med et realfaglig tilsnitt, men ikke på noe studium kreves det 3FY. Eksempelvis er det gamle kravet om 3KJ beholdt for medisinstudier. Dette er selvsagt bra for rekrutteringen til kjemifaget i vgs, men i den nevnte strategiplanen er det mål og tiltak knyttet til rekrutteringen til matematikk- og fysikkfaget som defineres som satsningsområder framover.

Likevel ser vi framover mot de oppfølgingene som skulle komme knyttet til dette strategidokumentet. Ett av tiltakene er konkretisert i årets statsbudsjett, nemlig opprettelsen av et nasjonalt senter for naturfagene på UiO. For mange av de andre tiltakene er det rimelig å forvente at det avsettes midler slik at alle de som kan tenke seg å gi bistand til departementet, kan komme i gang med konkrete prosjekter. Det er naturlig at også Norsk Fysisk Selskap sammen med Fysikklærerforeningen, engasjerer seg og tar et initiativ for å bidra til arbeid knyttet til noen av tiltakene ovenfor. Helt konkret kan det arbeidet som er satt i gang rundt nye læreplaner i faget knyttes til tiltaket om utstrakt forsøksvirksomhet. I vårt arbeid med læreplanene har vi ambisjon om å levere én eller flere utkast til forsøksplaner med invitasjon til lærere om å delta.

Referanser

1. Utdannings og forskningsdepartementet (2002): *"Realfag, naturligvis!" – strategi for styrking av realfagene.* Internett: *http://www.odin.dep.no/ ufd/norsk/publ/handlingsplaner/045051-990020/index-dok000-b-n-a.html*
2. Utdannings og forskningsdepartementet (2000): *Forskrift om opptakskrav til grunnutdanningar ved universitet og høgskolar.* Internett: *http://www.odin.dep.no/ufd/norsk/regelverk/rundskriv/045061-250007/index-dok000-b-n-a.html*

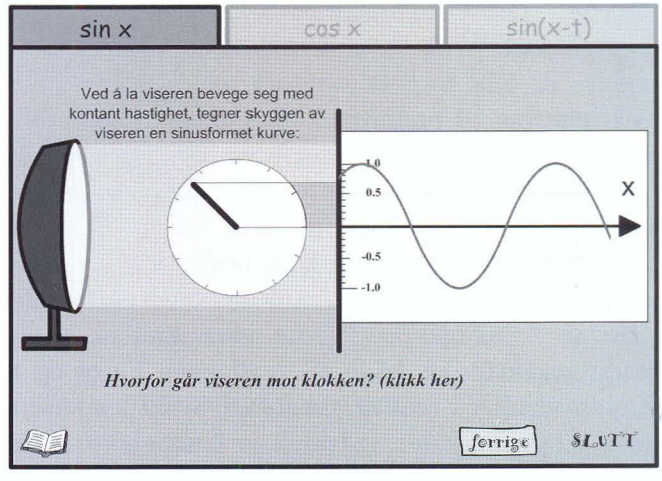
Rolf V. Olsen
ILS, UiO.

∞

Nettbasert læring i trigonometri og elementær bølgefysikk i vgs

Hvordan kan man illustrere at sinus til en vinkel betyr noe mer enn forholdet mellom motstående katet og hypotenusen? Hvordan kan man knytte eksponentialfunksjonen til bølgefenomener i naturen og til kommunikasjon i fiberoptikk? Hvordan kan man formidle elementær bølgefysikk i en sammenheng som er snublende nær, men som man vanligvis ikke tenker på?

Dette er noen av flere spørsmål som formidles i en nettbasert undervisningsmodul i vitenprosjektet med nettadresse *http://viten.no/* "Sinus", heter programmet som formidler $\sin x$, $\cos x$ og eksponentialfunksjonen e^x. Grunnleggende bølgemekanikk og definisjoner av bølgelengde, amplitude, forplantningshastighet, bølgeenergi m.m., illustreres med



animasjoner. Beviset for formelen $\sin(x - t) = \cos t \sin x - \sin t \cos x$, er inkludert. Resultatet brukes blant annet til å finne det matematiske uttrykket for en stående bølge som også illustreres med bevegelig programmering. Undervisningsenheten er tilpasset læreplanen for 2MX og 2FY i vgs.

Modulen tar altså for seg $\sin x$, $\cos x$ og e^x og kobler funksjonene til de to grunnleggende bølgeformer som observeres i naturen, nemlig bølgetog i form av sinusbølger og isolerte pulsbølger, eller solitoner. Den enkleste matematiske formelen for en pulsbølge, en soliton, er beskrevet ved $1/(e^x + e^{-x})^2$. Denne dukker opp i utallige sammenhenger i matematikk, mekanikk og fysikk som en spesiell løsning av Kortweg – de Vries ligning.

Undervisningsmodulen er lagt opp som en "story line". Eleven, eller brukeren, er prosjektleder i et ingeniørselskap som har ansvaret for et slep av en borerigg langs norskekysten. Det varsles storm til natten, og prosjektlederen sender melding til kapteinen om at han må søke nødhavn i nærmeste fjord. Når slepet kommer inn i fjorden i le av været, synker imidlertid hastigheten til slepet dramatisk. Kapteinen blir bekymret for slepet og ber om assistanse fra prosjektleder. Kan noe galt ha skjedd med riggen på vei inn i fjorden? Er riggen i ferd med å synke? Har slepet hektet seg fast i et ubåtnett? Hva kan forklaringen være på at slepet går så sakte til tross for at slepebåten går for full maskin?

Historien er sann og hendte med et slep en gang på nittitallet. Det ansvarlige selskapet satte "himmel og jord i bevegelse" for å finne ut hva som kunne ha skjedd med slepet – uten å finne noen god forklaring!

Det de imidlertid ikke hadde tenkt på, var "dødvann"! Dødvann er motstand på grunn av undervannsbølger, indre bølger, som dannes bak et skip i fart. Slike bølger dannes når det er en skilleflate mellom ferskt elvevann og salt og tungt sjøvann nede i havet. Bølgene dannes på denne skilleflaten på samme måten som bølger dannes på havoverflaten bak et skip i fart. Et slep av en borerigg går akkurat passe sakte til å generere store indre bølger som imidlertid ikke synes på overflaten. De "vanlige" skipsbølgene oppå havet blir relativt små.

Dødvann har vært et godt kjent fenomen blant sjøfolk – om enn lite forstått! Seilskip som kom inn i lagdelte farvann, f.eks. i fjorder, erfarte en voldsom motstand og en tilsvarende reduksjon i seilingsfarten. Dette var og ble mystisk siden sjøfolkene ikke kunne se noen spesielle bølger eller ekstra bevegelser oppå sjøen. De sa overtroisk at "det er draugen som har hengt seg på skuta". De kalte vannet for "dødt", siden det var så tungt å seile i. Noen forklaring på fenomenent fantes imidlertid ikke.

Fenomenet fikk sin forklaring under Fridtjof Nansens Polferd i perioden 1893–96. Utenfor en av de russiske elver gikk Fram for full maskin men gjorde bare en fart på én knop. Mens overflatevannet var ferskt elvevann, var vannet i bunnventilen av skipet salt. Nansen mente at bølger nede i havet kunne være forklaringen på den voldsomme motstanden på skipet, og fikk bekreftet dette da han la fram sine observasjoner for Vilhelm Bjerkens, datidens store hydrodynamiker og den moderne værvarslingens far.

Tilbake til sinus-modulen: Eleven er altså prosjektleder og skal utarbeide en rapport som skal forelegges kapteinen. Rapporten skal inneholde en forklaring om motstand på grunn av indre bølger, og bølgeformen $\sin x$ skal forklares. Eleven må gjennomgå et innføringskurs i grunnleggende trigonometri og bølgefysikk før rapporten skrives.

"Sinus" er rikelig illustert med animasjoner. Informasjon om aktuell forskning på indre bølger, hvordan de lages (f.eks. av tidevann), hvordan de synes fra fly, satellitter og romferger, om hvordan indre bølger frakter larver og egg i havet m.m. er tatt med som supplement.

John Grue
Matematisk institutt, UiO.

∞

Bokomtale

Robert Osserman: Universets poesi. En matematisk oppdagelsesferd i kosmos. Pax Forlag A/S, 2001. ISBN 82-530-2180-1 (188 sider) 238 kr.

Geometri og virkelighet

"For så vidt som matematikkens lover refererer til virkeligheten, er de ikke sikre, og for så vidt som de er sikre, refererer de ikke til virkeligheten."

Albert Einstein

Matematikk er ikke naturvitenskap, men er det logiske og presise språk fysikken benytter for å presentere naturens fundamentale lovmessigheter på en kompakt og oversiktelig form. Det er særdeles

vanskelig å gi en populær framstilling av de abstrakte ideer og sammenhenger fra matematikkens rike. Det er derfor ekstra gledelig at Pax Forlag har tatt på seg oppgaven å gi ut en serie med små bøker som skal gi leseren smakebiter fra tallenes verden. Den første boka, "Universets poesi. En matematisk oppdagelsesferd i kosmos", er skrevet av Robert Osserman. Han ønsker å gi lekfolk en innføring i de snodige og forvridde "skapninger" de kan treffe på i den jungelen som er moderne geometri.

Han begynner reisen med å fortelle fra den svunne tid da geometri var ensbetydende med jordmåling. Her får vi en ganske omstendelig beskrivelse av framgangsmåten til den gamle greker Eratostenes da denne lederen for det uerstattelige biblioteket i Alexandria fant fram til størrelsen på jordkloden. Deretter får leseren vite hvorfor det er så vanskelig å tegne kart som gir en korrekt gjengivelse av overflata på jordkloden.

Så møter vi tyskeren Carl Friedrich Gauss, selveste kongen blant matematikere, som mente at han kunne regne før han kunne tale. Han beskjeftiget seg så visst ikke bare med praktisk geodesi for kongeriket Hannover, men fant fram til at flater til vanlig har en indre krumning som kan måles i selve flata. Denne krumningen er altså uavhengig av at flata ligger i et rom.

Det er trist at Gauss ikke var villig til å oppmuntre den unge János Bolyai da denne ungareren oppdaget at han kunne konstruere en ny og skikkelig geometri der Euklids femte postulat ikke er gyldig. Grekeren tok for gitt at gjennom ethvert punkt utenfor ei rett linje finnes én og bare én, parallell til linja. Bolyai erstattet dette med å postulere at det går flere paralleller til linja gjennom ethvert punkt utenom den. Gauss var blitt klar over dette lenge før Bolyai, men hadde vært for engstelig av seg til å hevde en slik radikal tanke offentlig.

Bernhard Riemann som var student for Gauss, hadde den dype innsikt at selve rommet kan ha sfærisk geometri som overflata på ei kule. Et slikt rom vrir seg tilbake i seg selv og har et endelig volum til tross for at det ikke har noen grenser. Da Einstein skapte sitt mesterverk, den generelle relativitetsteori, var det nettopp tankegangen til Riemann som ble et viktig fundament for å fastslå hvordan tyngde egentlig virker. Men teorien til Einstein behandlet ikke bare rommet sin struktur, men tok også vare på at tiden ikke er en uavhengig dimensjon for vår verden.

Osserman har en sleivete bemerkning om at "Einstein mottok lite honnør for sin rolle i utarbeidelsen av kvanteteorien". Det var jo nettopp forklaringen av den fotoelektriske effekt som Einstein fikk nobelprisen for! Ideen var at lys kan oppfattes som energikvanter. Jeg synes heller ikke noe om figurene som illustrerer at universet ikke er statisk. Disse gjør det ikke enklere å takle denne harde begrepsmessige utfordringen. Det er vanskelig å fatte at størrelsen på selve rommet forandrer seg med tiden. Og når en velger å la universet sin mulige katastrofale endelikt hete "big crunch", får en i hvert fall spandere anførselstegn på språkblomsten.

Jeg synes fortellingen virkelig tok av og ble interessant og spennende da jeg leste siste kapittel. For her viser forfatteren hvilke pussige og uventede egenskaper objekter får når vi snitter opp og syr dem sammen igjen på en fantasifull måte. Her savner jeg ei tegning av Møbius-bandet. Denne raringen har bare ei side og en kant.

Til slutt tar forfatteren for seg underbare og forunderlige figurer som faktisk må tillegges en dimensjon som ikke er noe vanlig heltall, men for eksempel ligger mellom én og to. Kanskje må universet med sine nysgjerrige beboere beskrives på så merkverdig vis.

Henning Knutsen

∞

Kommentar

For negativ bokomtale

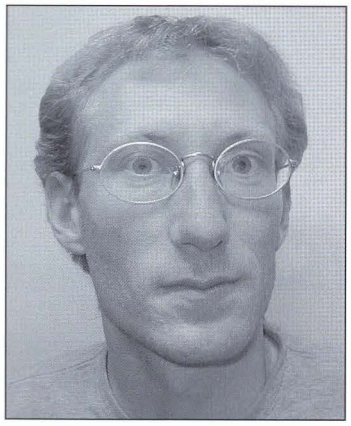
Undertegnede anmeldte Thormod Henriksens bok *"Solstråling. Sol – ozon – helse,"* i Fra Fysikkens Verden, Nr. 4–2002. Enkelte har oppfattet denne anmeldelsen som ondsinnet. Dette er jeg lei for. Jeg ser i ettertid at tonen kan virke ironisk og nedlatende, og jeg beklager at det ble slik. De gode sidene ved boken kom dessverre ikke godt nok fram. Det meste i ozonavsnittene er god og riktig populærisering. Der er rosverdig at Henriksen trekker fram ozonforskere han mener har fått for liten ære og oppmerksomhet. Det er selvsagt en smaksak om man ønsker humoristiske figurer i en fagtekst eller ikke. Figurene jeg kalte klovner er jokere. Leserne vil derfor skjønne at jeg er ukyndig både i sirkusbransjen og i kortspill. Derfor burde jeg ikke ha dristet meg til å kommentere slike ting!

Johan Moan

∞

Nye Doktorer

Joakim Bergli



Cand.scient. Joakim Bergli forsvarte 4. sept. 2002 avhandlingen *Quantum electron transport through two dimensional systems in a magnetic field* for dr.scient.-graden ved Fysisk institutt, UiO.

Avhandlingen omhandler svak lokalisering og kvantehalleffekt. Ved svak lokalisering opptrer elektronene som bølger. Det oppstår interferens ved elektrontransport og ledningsevnen blir redusert. Elektronenes evne til å skape interferens ødelegges hvis de påvirkes av omgivelser med tilfeldige bevegelser som forskyver elektronbølgenes fase. Hvis temperaturen er høy, vil det være mye termisk bevegelse i omgivelsene, og fasen ødelegges fort. Ved lavere temperaturer blir defasingstiden lengre, og ved det absolutte nullpunkt blir den uendelig lang. I avhandlingen presenteres en modell av omgivelsene der en tar hensyn til dynamiske defekter. Den viser en langsom variasjon av defasingstiden med temperaturen innen et visst område. For lavere temperaturer forutsies en rask økning av defasingstiden.

Kvantehalleffekten opptrer i sterke magnetfelt. Systemet kan da i visse tilfeller beskrives ved nye partikler, kompositte fermioner, og nye fiktive elektromagnetiske felter, chern-simonsfelter, som kan kansellere det sterke magnetfeltet. En kan da erstatte kvanteteorien med en klassisk teori. I avhandlingen er dette gjort for å finne ikke-lineære effekter i vekselvirkningen mellom elektroner og overflatelydbølger. Denne metoden er tidligere bare benyttet i det lineære området. Bergli har utviklet en teori som gjør det mulig å tolke resultater av eksperimenter også for ikke-lineære tilfeller. Professor Yuri Galperin har vært veileder.

∞

Petras Juzenas

M.sc. Petras Juzenas disputerte for den filosofiske doktorgraden ved Universitetet i Oslo, 11. okt. 2002. Avhandlingens tittel er *Investigations of the endogenous photosensitizer protoporphyrin IX in hairless mouse skin by means of fluorescence spectroscopy.*

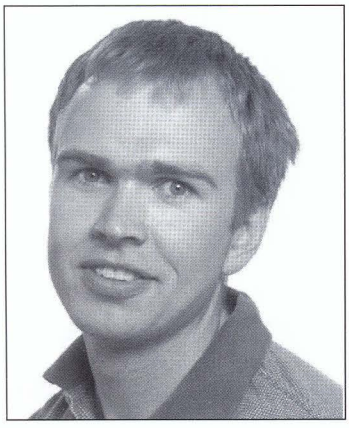
Ved fotodynamisk behandling av kreft tilføres pasientene tumorlokaliserende og fotosensibiliserende stoffer og deretter bestråles kreftsvulstene med sterkt lys. Noen av disse stoffene har også en sterk fluorescens og kan brukes til å oppdage små svulster. Juzenas har vist at også forstadier av UV-indusert hudkreft kan oppdages ved denne metoden. Arbeidet har hatt som mål å utvikle en mer effektiv og presis behandling. Juzenas har bl.a. studert lysdoser, hvordan virkestoffene trenger inn i huden og under hvilke temperaturer behandlingen er mest effektiv.

Juzenas viser også at en krem som inneholder delta-aminolevulinsyre (ALA) og varianter av dette stoffet, ALA-estere, utsetter hudkreftutvikling hos mus som blir utsatt for UV-stråling. Slike stoffer kan være aktuelle som ingredienser i en ny type solkrem. Virkemåten er ennå ikke kjent i detalj. En kjærkommen "bivirkning" er at huden blir brun når den UV-bestråles i nærvær av disse kremene.

Juzenas har biofysikerutdannelse fra Vilnius i Litauen, og har vært tilknyttet Institutt for Kreftforskning ved Radiumhospitalet og Fysisk institutt ved UiO. Veileder har vært professor II ved Fysisk institutt og forsker ved Radiumhospitalet Johan Moan. Doktorarbeidet ble finansiert av Den Norske Kreftforening, Norges forskningsråd og Radiumhospitalet. Juzenas fortsetter sitt arbeid ved Radiumhospitalet med stipend fra Kreftforeningen.

∞

Halvor Møll-Nilsen



Cand.scient. Halvor Møll-Nilsen forsvarte 23. august 2002 avhandlingen *Aspects of the theory of atoms and coherent matter and their interaction with electromagnetic fields* for graden dr.scient. ved Fysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Avhandlingen omhandler numeriske studier av flere typer kvantefysikk som det for tiden knyttes stor internasjonal oppmerksomhet til. Det første området er studier av enkeltatomers respons på ufattelig korte og intense laserpulser. Når slike pulser er sterke nok, vil de ionisere atomer på en meget karakteristisk måte. I avhandlingen studeres prosessen først og fremst teoretisk. I praksis kan slike lasere få stor betydning for teknologi, f.eks. som presise "kamera". Avhandlingen omtaler også lengre laserpulser hvor såkalte rydbergatomer med diameter opp mot bakteriestørrelser dannes og kan manipuleres på en kontrollert måte.

En tredje del av arbeidet omfatter "snurrebass- og virvelbevegelse" i Bose-Einstein-kondensater. Dette er en samlinger av atomer som er kjølt ned til en milliarddels grad over det absolutte nullpunkt. Ved slike temperaturer kan atomer gå over i en koherent eller felles kvantetilstand hvor de enkelte atomers identitet er visket ut. I avhandlingen vises det hvordan visse bevegelsestilstander kan skapes i slike systemer, noe som kan bli av betydning for anvendelser i f.eks. en atomlaser.

Professor Jan Petter Hansen har vært veileder. Arbeidet er finansiert av Norges forskningsråd og har vært et samarbeidsprosjekt med deltakere fra Universitet i Bergen, Århus og Belfast.

∞

Svetlana Ratynskaia

M.Sc. Svetlana Ratynskaia disputerte 20. juni 2002 for graden dr.scient. ved Universitetet i Tromsø med avhandlingen *Electric probe measurements in low-temperature magnetized plasmas. Particle energy distributions, fluid observables, fluctuations and anomalous transport.*

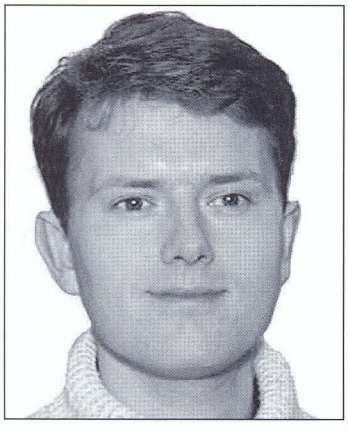
Et generelt problem i plasmafysikk er å finne gode metoder for å diagnostisere de fysiske prosessene uten å påvirke plasmaet for mye. I kalde plasma kan en bruke små elektriske prober som trekker strøm fra plasmaet når probene pålegges spenninger. Slike prober er enkle å bruke, men det kan være vanskelig å tolke målingene rett, og forskjellige teorier må anvendes avhengig av plasmaets egenskaper og probens konstruksjon.

Ratynskaia anvender teorier for magnetiserte plasma til å utvikle teknikker for måling av energifordelingen for elektroner og ioner, og til å måle tetthet og temperatur til disse partiklene. Ved hjelp av en "klynge" av prober muliggjøres samtidige målinger av fluktuasjoner i plasmatetthet, temperatur og elektrisk felt. Dermed kan en studere bølger og turbulente strukturer i plasmaet og beregne den turbulente transporten av partikler og energi. I bedømmelseskomiteens rapport heter det: "The combination of competence in both theory and experiment is among the very best that the opponents have seen among their previous students."

Ratynskaia er utdannet Master of Science fra Murmansk pedagogiske statsuniversitet i 1997. Hun har hatt doktorgradsstipend ved Institutt for fysikk, UiT, siden 1999. Professorene Kristoffer Rypdal og Vladimir Demidov, UiT, har vært veiledere. Ratynskaia er nå stipendiat ved Max Planck institutt for ekstraterrestrisk fysikk i Garching, Tyskland.

∞

Tor Erling Unander



Sivilingeniør Tor Erling Unander forsvarte i juli 2002 sin avhandling *Acoustic emission measurements in petroleum-related rock mechanics* for graden dr.ing. ved NTNU.

Stein og de fleste andre materialer, lager svake lydknepp når de blir deformert. Disse kneppene kalles akustiske emisjoner. I doktoravhandlingen sin har Tor Erling Unander studert akustiske emisjoner for å få bedre rede på hvordan steinen deformeres og etter hvert går i stykker. Ved uheldige forhold kan en olje- eller gassbrønn bryte sammen. For å forutse og avverge slike problemer, er det viktig å ha en god kjennskap til bergarten som brønnen går gjennom. Slike bergarter, som vanligvis vil finnes i og over et petroleumsreservoar, har spesielt vært studert i dette arbeidet, og Unander har utviklet flere nye teknikker for bedre å analysere og forstå målinger av akustiske emisjoner fra slike bergarter. Arbeidet har også bidratt til bedre kunnskap om hvor lyden kommer fra i slike materialer.

De nyutviklede metodene vil være nyttige for videre arbeid med akustiske emisjoner, og det vil øke nytten av å bruke målinger av akustiske emisjoner innen petroleumsrelatert bergmekanikk.

Arbeidet er utført ved Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk, NTNU, og ved SINTEF Petroleumsforskning. Det har vært finansiert av Shell International Exploration & Production, VISTA og SINTEF Petroleumsforskning. Professor Rune M. Holt har vært veileder.

Tor Erling Unander er sivilingeniør (1991) fra Avdeling for fysikk og matematikk, NTH.

∞

Trim i FFV

FFVT 1/03

Har leseren kort eller lang lunte?
To luntebiter vil hver for seg brenne én klokketime. Men de brenner med ujevn fart, slik at måling av luntelengden ikke kan brukes til tidsmåling. Hvordan kan de to bitene brukes til å måle lengden på en vanlig skoletime (45 minutter)?

Løsning FFVT 4/02

Banksjekken
Den distré bankkassereren mottok sjekken som hr. Olesen leverte, og utbetalte beløpet. Hverken kassereren eller Olesen oppdaget at krone- og ørebeløpet ble ombyttet. Etter å ha kjøpt en avis til 5 øre, oppdaget Olesen at han nå hadde igjen dobbelt så mye som det sto på den innløste sjekken. Hvilket beløp sto på sjekken?

Løsning 1
Sjekken var på x kroner og y øre. Problemet kan beskrives matematisk som

$$100y + x - 5 = 2(100x + y),$$

som gir $98y - 199x = 5$. Vi er bare interessert i heltallsløsningene, som det er et uendelig antall av. Standard metode for løsning (*continued fractions*) gir: $x = 31$ og $y = 63$. Sjekkbeløpet var altså kr 31,63.

Dette er eneste løsning, fordi den neste løsningen blir $x = 129$ og $y = 262$, og y må alltid være mindre enn 100.

Løsning 2
Etter å ha kjøpt avisen skal Olesen sitte igjen med $2x$ kroner pluss $2y$ øre. $2y$ må alltid være mindre enn 100, ellers blir 100 øre til én krone ekstra.

Hvis $y < 50$, vil Olesen ha igjen y kroner og $x-5$ øre. Da må $2x = y$ og $2y = x-5$, som gir $x = -5/3$ og $y = -10/3$. Dette er en negativ løsning som derfor er umulig.

Hvis $y \geq 50$, vil $2y$ måtte minskes med 100 og $2x$ økes med 1. Da må $2x + 1 = y$ og $2y - 100 = x - 5$, som gir riktig svar som angitt ovenfor.

∞

B-BLAD

Returadresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo

Retningslinjer for forfattere

Fra Fysikkens Verden utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høgskoler med fysikk i sine fagkretser. Men andre kan også abonnere på bladet, og blant disse er elever og biblioteker ved videregående skoler. Bladet gis ut fire ganger i året, i mars, juni, oktober og desember. Tidsfristene for stoff er hhv. 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er f.t. 1900.

FORMÅLET MED FFV er å gi informasjon til alle med interesse for fysikk, og tidsskriftet ønsker å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker FFV å være til hjelp for elever og lærere i vieregående skoler og andre undervisnigsinstitusjoner. Dette krever at artikler og annet stoff er skrevet på en lett og forståelig måte på norsk uten unødig bruk av spesielle faguttrykk og matematikk. Faguttrykk som må brukes må defineres, og matematikken bør være forståelig for vanlige fysikkstudenter. En mindre eksakt verbal form er oftest å foretrekke, men det må brukes standard begreper og enheter. Husk at artiklene i FFV primært skal gi oversikt og informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare kan leses med utbytte av en snever faggruppe, har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redasjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

MANUSKRIPTER leveres fortrinnsvis på diskett eller som e-post, med papirutskrift i tillegg. Diskettene må merkes med hvilket operativsystem/tekstbehandlingsprogram som er brukt. Manus kan også leveres maskinskrevet med dobbelt linjeavstand.

ARTIKLER bør ikke være lengre enn 6 sider med trykt tekst. Større avsnitt i teksten bør markeres med undertitler. Referanser kreves ikke, men det er ønskelig med en liste over lett tilgjengelig tilleggstoff.

SMÅSTYKKER: bokomtaler, skolestoff, møtereferater, nekrologer etc. mottas gjerne, men de bør ikke være lengre enn 1–2 sider.

DOKTOROMTALER trykkes gjerne, men bør begrenses til ca 0,5 sider inkludert bilde.

ILLUSTRASJONER er en svært viktig del av en artikkel. Legg derfor mye omtanke i figurene og bruk norsk teksting. Figurene vil som regel bli trykket i svart/hvitt. Bare i helt spesielle tilfeller kan figurer trykkes i farger, av økonomiske grunner. Figurene bør helst være i omtrent dobbelt format, og de må ikke være rastrerte. Alle figurer og bilder må merkes tydelig.

Det skal refereres til figurer og tabeller i teksten, og ønsket plassering bør markeres. Hvis forfatterne selv ikke har laget figurene, skal opprinnelsen oppgis. Forfatterne må selv innhente tillatelse til bruk av slike illustrasjoner.

FORSIDEBILDER velges som regel i tilknytning til en artikkel. De må være teknisk gode og kan trykkes i farger.

KORREKTUR: Forfatterne får tilsendt korrektur som må returneres snarest, og det må ikke gjøres unødige endringer i korrekturene.

GRAFISK PRODUSKJON OG TRYKK: OSLO SATS, REPRO & MONTASJE A/S

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Steinar Stapnes
Fysisk inst., Univ. Oslo.
E-post: steinar.stapnes@fys.uio.no

Visepresident:
Professor Anne Borg
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.

Styremedlemmer:
Professor Gaute Einevoll
Inst. for tekniske fag, NLH, Ås.
Professor Eirik G. Flekkøy
Fysisk inst., Univ. Oslo.
Professor Ola Hunderi
Inst. for fysikk, NTNU.
Førsteaman. Anders Isnes
ILS, Univ. Oslo.
Professor Jøran Moen
Fysisk inst., Univ. Oslo.
Direktør Jon Samseth
Høgskolestiftelsen på Kjeller.
Professor Jan S. Vaagen
Fysisk inst., Univ. Bergen.

Selskapets sekretær:
Rådgiver Heidi Bruvoll
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 26, Fax.: 22 85 64 22
E-post: heidi.bruvoll@fys.uio.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Professor Øivin Holter
Professor Finn Ingebretsen
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonssekretær:
Overingeniør Karl Måseide
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonskomité:
Professor Noralv Bjørnå
Inst. for fysikk, Univ. Tromsø.
Professor Per Osland
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. for teor. astrofysikk, Univ. Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 28
Fax.: 22 85 56 71 / 22 85 64 22
E-post: oivin.holter@fys.uio.no
E-post: finn.ingebretsen@fys.uio.no
E-post: karl.maseide@fys.uio.no
Postgiro: 0532 1448307
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen.
Årsabonnement 120 kr. (Studenter 60 kr.)
Løssalg 40 kr. pr. nummer.