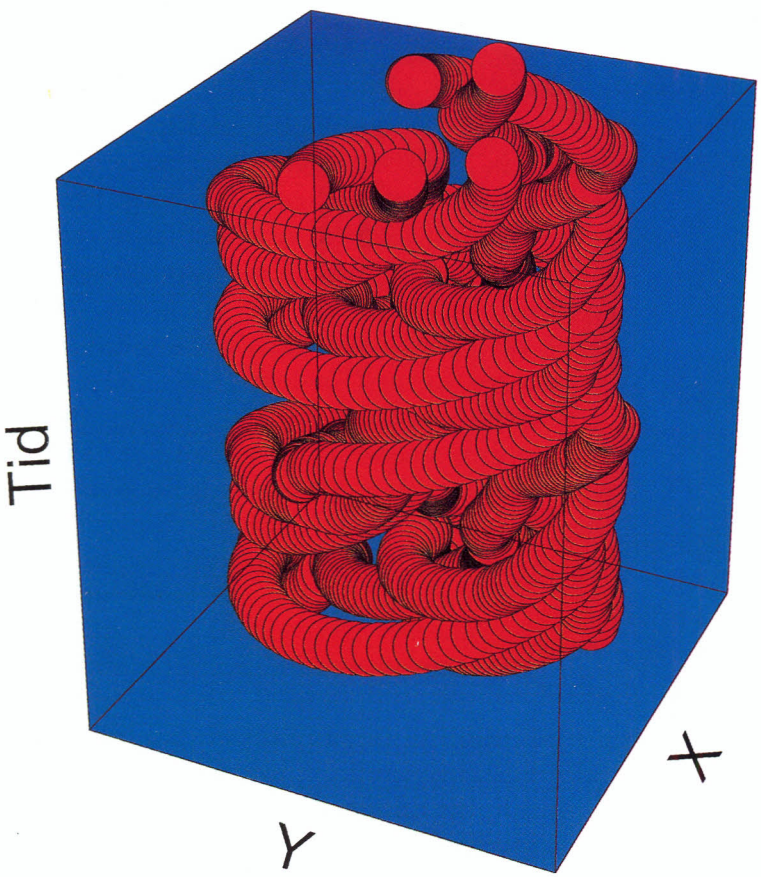
Fra Fysikkens Verden

Nr. 4 – 1996
58. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide



Verdenslinjene til virrevandrende Ugelstadkuler

Innhold

S. Clausen, G. Helgesen og A. Skjeltorp:
Knuter, fletter og ny fysikk....106

Kenneth Simonsen:
Newtons fysikk.....111

Per Chr. Hemmer:
Teorioppgavene i Fysikk-OL .118

Fra Redaktørene.....102
In Memoriam: Rolf Wideröe 102
FFV Gratulerer 104
Kommentar til K. Simonsen 117
Reisebrev fra Israel 121
Nobelprisen i fysikk.....124
Bokomtale.....125
Nye Doktorer 127
Dr.scient. Ragnhild Halvorsrud
Dr.scient. Kambiz Iranpour
Trim i FFV 128
Hva skjer.....129
Møte i Biofysikk-gruppen
Fysikermøtet 1997
Nytt fra NFS 129
Fysikklærerforening er stiftet
Utvalg for fysikkundervisning
Nye medlemmer

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

I vår forskningsgruppe på Fysisk institutt i Oslo har vi i flere år hatt som tradisjon at et seminarrom brukes som lunsjrom, felles for alle, ansatte så vel som for studenter. Og dersom tid og plikter tillater det, er rommet fylt til randen når medbrakte eller lokalt smurte brødskiver med geitost eller annen hjerneføde, skal fortæres.

I slike uformelle og gemyttlige sammenhenger som det gjerne blir rundt et lunsjbord, går konversasjonen lett, og for et våkent øre tilkoblet en villig sjel gir dette en sjelden anledning til å få tilbakemelding, spesielt fra den yngre garde. Her tas opp mangt et emne som kunne være vel verdt noen refleksjoner i en kort spalte som denne. Noe er til glede og oppmuntring, annet kan være mer bekymringsfullt.

Vi merker at tidene forandrer seg og at problemene vektlegges annerledes. Og som et seriøst medium hopper vi over gledene og presenterer heller et alvorlig problem:

Blant disse unge, begavede menneskene er det noen som skal, eller i alle fall burde, overta etter oss, den aldrende garde. Og da spørres det hvor attraktiv en fremtidig akademisk karriere i fysikk ser ut i perspektiv fra karrierestigens fot. Den akademiske glans og status er forlengst blitt uinteressant. De faglige interesser og utfordringer vil selvfølgelig alltid være der. Men hva med alle andre, kanskje de avgjørende ansporelser? Når vi seniorer utfordres, får vi problemer. Hva med lønn og andre bekvemmeligheter? Hva med sikkerhet for fremtiden etter en krevende rekrutteringsperiode? Og aller viktigst, hvilke konkrete signaler gis fra samfunnet forøvrig om relevansen av vårt arbeid? I det hele tatt, hvilke sosiale og fysiske arbeidsforhold tilbys?

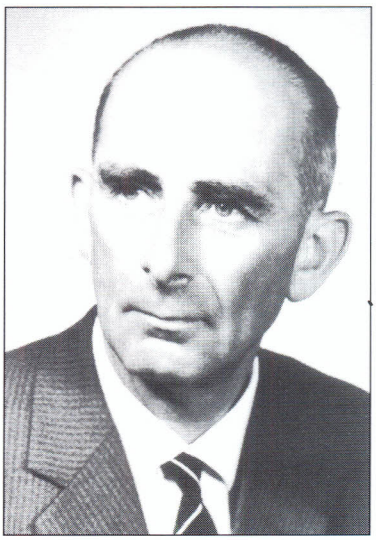
I skrivende stund er det snart jul, og igjen håper vi på lyse tider. Faglige utfordringer så vel som kollegialt vennskap, også utenfor lunsjrommet, skal vi sørge for. Når det gjelder alt det andre, må vi håpe på at julenissen fremdeles er oppegående.

GOD JUL!

∞

In Memoriam

Rolf Wideröe (1902 – 1996)



Den 11. oktober 1996 kom den triste melding fra Sveits om at professor dr.ing. Rolf Wideröe var avgått ved døden, i en alder av 94 år. Wideröe ble født i Oslo den 7. juli 1902. Han viste tidlig stor interesse for fysikk og teknologi, spesielt elektroteknikk, med utpreget talent for å kombinere teori og elektromekanisk praktikk. Etter å ha avlagt examen artium ved Halling skole i 1920, var det ingen tvil om fortsettelsen, han måtte utdanne seg til ingeniør. NTH var ikke noe alternativ, for faren mente at den da 10 år gamle høyskolen nærmest var å regne for en "Kindergarten". I stedet valgte Wideröe å utdanne seg ved det velrenommerte tekniske universitetet i Karlsruhe i Tyskland.

Inflasjonen var voldsom på denne tiden, og den unge studenten fikk føle dette på kroppen. Wideröe viste litt av sin allsidige begavelse da han skrev en meget leseverdig artikkel om dette tema med tittel "Inflasjonsanalyse", som han fikk godtatt for publisering i Statsøkonomisk Tidsskrift, Oslo, 189–206 (1924).

Allerede som ingeniørstudent begynte han i sin fritid å bearbeide en idé han hadde fått, så enkel, så genial, og samtidig så langt forut for sin tid at den alene peker ham ut som en klarttenkende, ung vitenskapsmann: Den samme lovmessigheten som gjelder for en vanlig transformator burde kunne benyttes til å gi elektroner høy energi i en sekundærkrets holdt i et varierende magnetfelt i et sirkulært evakuert glassrør, ved hjelp av et tilpas-

set magnetisk styringsfelt. Wideröe døpte denne akseleratortypen "stråletransformator", men ettertiden har betegnet den "betatron". Wideröes originale vitenskapelige dagbøker viser hans gradvise utvikling av betatronprinsippet fra 1923 til 1928. Disse kan sees i biblioteket ved Eidgenössische Technische Hochschule i Zürich, Hs 903; 633–638. I 1924 ble Wideröe uteksaminert som sterkstrømsingeniør.

Studiene hadde bare styrket hans interesse for elektroteknikk, og derfor ville han nå også ta doktorgraden i dette feltet. Temaet for avhandlingen ville han selv bestemme, nemlig å lage en "stråletransformator" basert på sine egne ideer. Han forestilte seg blant annet at man ved hjelp av en slik akselerator kunne generere mer hensiktsmessige "prosjektiler" for videre studier av den typen Rutherford hadde utført da han i 1911 oppdaget atomkjernen. For å få aksept for sine planer, måtte han flytte til et annet universitet, Die Rheinisch-Westfählische Technische Hochschule i Achen.

Det viste seg imidlertid at han fikk store problemer med å få sin stråletransformator til å virke i praksis, og hans ansvarlige faglærer ville ikke la ham få doktorgrad på et apparat som ikke virket. Wideröe viste da sin raske reaksjonsevne. Han trakk fram et konsept foreslått av den svenske fysiker G. Ising, og videreutviklet dette med henblikk på å akselerere ladede partikler gjentagne ganger i *rettlinjet* bane ved hjelp av et høyfrekvent spenningsfelt. Deretter bygde han en lineærakseleratormodell basert på dette prinsippet, og viste som førstemann i verden at dette virket også i praksis.

I 1927 innleverte han sin eminente doktoravhandling, "Über ein neues Prinzip zur Herstellung hoher Spannungen". I første del av denne redegjorde han for sin lineærakseleratormodell, og i siste del sammenfattet han sine teoretiske arbeider vedrørende "stråletransformatoren", bl.a. ved å utlede likevektsbetingelsen for partikkelbanene i horisontalplanet, den såkalte 2:1-relasjonen mellom akselerasjons- og styringsfeltene, i betatronlitteraturen benevnt "Wideröe-relasjonen". Til tross for iherdige anstrengelser lyktes det ham imidlertid ikke å få denne akseleratoren til å virke.

Fra 1928 til høsten 1943, arbeidet Wideröe i industrien med bygging av kraftstasjoner, transformatorer og nett for overføring av elektrisk kraft. En kort periode innledningsvis arbeidet han i Tyskland, men mesteparten av tiden hadde han sitt arbeidssted i Oslo. Han hadde voldsom arbeidskapasitet, engasjerte seg på en rekke områder, for eksempel også i arbeidet med å få startet utgivelsen av vårt tidsskrift, Fra Fysikkens Verden.

Fra september 1943 til april 1945 kom Wideröe igjen til å arbeide i Tyskland, hvor han fikk tilbud om å lede et arbeid for å fremstille en 15 MeV betatron, senere eventuelt en 30 MeV maskin. Wideröe gikk inn i dette arbeidet, dels fordi han var interessert i betatronteknologien fra sitt pionérarbeid med doktoravhandlingen, dels fordi han så at akseleratorgenerert høyenergetisk stråling åpnet for store muligheter i kjernefysisk grunnforskning og i medisinsk strålebehandling av kreft. Wideröe innså at dette sistnevnte anvendelsesområdet hadde enorme fremtidspotensialer fordi man ved bruk av slik stråling burde kunne deponere stråledoser til svulster uansett lokalisasjon i en pasient, med langt større presisjon, og derfor med mindre bivirkninger, enn hva tilfellet var med lavenergetisk røntgenstråling og radiumstråling som inntil da var blitt benyttet. Han lyktes å fremstille en operativ betatronprototyp mot slutten av 1944.

I 1943 patenterte Wideröe en idé om å studere kjernereaksjoner ved å benytte såkalte kolliderende partikkelstråler i lagringsringer, og i 1946 fikk han patentrettigheter for enda en akseleratortype, synkrotronen.

På grunn av den nevnte suksessen med betatronutviklingen i Tyskland, ble Wideröe i 1946 tilsatt som utviklingssjef ved firmaet Brown Boveri & Cie i Sveits, hvor han lyktes å lage driftssikre betatroner for bruk i hospitaler for strålebehandling av kreft. Her sto han etter hvert for utvikling av nærmere 80 "skreddersydde" betatroner. Flesteparten av dem ble installert i krefthospitaler over hele verden og noen i fysikalske/industrielle forskningsinstitusjoner til bruk i materialtesting. Takket være assistanse fra Wideröe fikk Det Norske Radiumhospital i 1951 sikret seg Europas andre betatron for medisinske formål, og kom til å være med i fronten av en både rivende og spennende utvikling: Bruk av høyenergetisk stråling, basert på betatron- og lineærakseleratorprinsippet, kom til å revolusjonere stråleterapien over hele verden!

Wideröe nøyde seg ikke bare med å lage akseleratorer for generering av høyenergetisk stråling, han engasjerte seg også stadig mer i arbeidet med å avdekke hvordan strålingen virker på celler og vev. Teoretisk radiobiologisk forskning opptok ham stadig mer de siste 30 årene av hans liv. Også i dette fagfeltet lyktes han med å sette varige spor etter seg. Relasjonen mellom absorbert stråledose og celleoverlevelse kan under visse forhold beskrives

ved en formel som blant annet tar hensyn til strålingens ionisasjonstetthet i vevet. Wideröe har sammen med andre, bidratt til utviklingen av den såkalte α/β-formelen, som er nyttig både i radiobiologisk forskning og i doseplanlegging ved kreftbehandling.

I 1992, 65 år etter at Rolf Wideröe tok sin doktorgrad, ble han introdusert av dr. Gus Voss under Hamburg Accelerator Conference som "Urvater" og "Originator" av vitenskapen om partikkelakseleratorer (CERN Courir, oktober 1992). Til tross for Wideröes mange vitenskapelige bragder, som har skaffet ham ærestitler, priser og berømmelse i utlandet, har *Norge* vært reservert med å gi ham den heder han fortjener:

I mai 1997 vil det imidlertid bli arrangert et internasjonalt symposium på baroniet Rosendal i Hardanger for å kaste mer lys over Wideröes traumatiske, men begivenhetsrike liv, og for å ære denne idérike oppfinner og fysiker, grunnleggeren av vitenskapen om akseleratorteknologi; en teknologi som har fått enorm betydning innen medisin, naturvitenskap og teknologi.

Tor Brustad

∞

FFV Gratulerer

En hedersmann jubilerer

Anders Omholt fylte 70 år 27. november. Dette ble markert med et festskrift og med et seminar med etterfølgende festmiddag i Det Norske Videnskaps-Akademi den 22. november.

Anders Omholt tok artium i fredsåret 1945. Etter hans eget utsagn vurderte han å studere jus. Det er sannsynlig at landet med det har gått glipp av en utmerket jurist. I disse spalter vil vi likevel si at heldigvis ble det realfagstudier, med fysikk hovedfag. Hovedoppgaven var innen spektroskopi, med Gotfred Kvifte som veileder. Som nybakt cand.real. i 1953, ble Omholt tilsatt som vit.ass. hos Lars Vegard, og sammen med ham besøkte Omholt Nordlysobservatoriet i Tromsø for å utføre spektroskopiske undersøkelser av nordlyset. I årene 1955–57 var Omholt utenlands, først ett år hos professor D.R. Bates ved University of Belfast, og deretter ved Yerkes Observatory i Chicago, under professor W. Chamberlain.

Tilbake i Oslo innledet Omholt et samarbeid med Leiv Harang, som hadde vært den første bestyreren ved Nordlysobservatoriet og en av pionérene i oppbyggingen av Forsvarets forskningsinstitutt. Nå var han også tilknyttet Astrofysisk institutt som professor, og satt i ledelsen av Det norske institutt for kosmisk fysikk (NIKF). I samarbeid med Harang utviklet Omholt metoder for fotometriske målinger av nordlysemisjoner basert på bruk av nye typer optiske detektorer som etter hvert var blitt kommersielt tilgjengelige. Doktoravhandlingen hans fra 1959, er basert på målinger av intensitet og tidsdynamikk i nordlysspekteret.

Omholt videreutviklet instrumentering og metodikk for optiske nordlysstudier. Hans evner som eksperimentalfysiker brakte ham i første rekke da en i Norge tok raketter i bruk for studier av den øvre atmosfæren. Senere var han en aktiv deltager i instrumenteringen av de første europeiske forskningssatellittene, ESRO I og II.

Etter å ha innehatt stillinger som stipendiat og universitetslektor, ble Omholt utnevnt til professor i fysikk ved Universitetet i Oslo, i 1963. I 1965 ble bestyreren ved Nordlysobservatoriet, Einar Tønsberg, rammet av alvorlig sykdom og måtte permitteres for lengre tid. Med permisjon fra Universitetet i Oslo overtok Omholt bestyrerstillingen, og ble i Tromsø frem til 1968. Under hans ledelse ble det foretatt en kraftig opprustning av observatoriet. Dette var ledd i forberedelsen til opprettelse av Universitetet i Tromsø. Under tiden i Tromsø, og senere som medlem av interimstyret, nedla Omholt et meget stort arbeid for dette universitetet.

Anders Omholt har publisert mer enn 50 artikler om nordlys- og ionosfærefysikk, og en monografi om nordlyset, "The Optical Aurora", som utkom på Springer Verlag i 1971. Denne er også oversatt til russisk. Dertil har han publisert en lang rekke allmenne artikler og holdt flere foredrag om forskning og forskningspolitikk.

Med sin analytiske legning, grundighet og store arbeidskapasitet, kom Omholt tidlig inn i viktige tillitsverv og offentlige kommiteer, og markerte seg som en dyktig administrator og forskningspolitiker. Han har vært formann i Norsk Geofysisk Forening, og var dekanus ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet ved Universitetet i Oslo fra 1969 til 1971.

Omholts interessefelt gikk langt ut over nordlysforskningen. Likevel kom det som en overraskelse på kolleger og venner da han i 1971 søkte avskjed fra sitt professorat for å tiltre som avdelingsdirektør med ansvar for forskning og miljøvern, i Norges Industriforbund. Slik mobilitet var høyst uvanlig blant akademikere den gang. For Omholt var dette en enestående mulighet til å utnytte kunnskaper og innsikt i en videre samfunnsmessig ramme.

Etter seks år i Industriforbundet ventet nye utfordringer. Med en kort mellomlanding i den viktige stillingen som ekspedisjonssjef i Kirke- og undervisningsdepartementets forskningsavdeling, overtok Omholt i 1978 som direktør i NAVF. Dette var en organisasjon med mange fagråd og store interne kulturforskjeller. Utfordringen var å bygge de nødvendige broer og, med bibehold av fagrådene, skape en enhetlig, funksjonell organisasjon. NAVF gjennomgikk betydelige endringer under Omholts ledelse. Han fikk til fulle demonstrert sine evner til konstruktiv kommunikasjon. Nå, snart fem år etter samlingen i Norges forskningsråd, kan vi tenke at disse erfaringene fra NAVF kanskje skulle ha ledet til en større ydmykhet når det gjelder tempoet i samlingen av fem helt ulike forskningsråd.

Nok en gang overrasket Omholt omverdenen med skifte av arbeid. Det var da han sa opp sin stilling i NAVF for å bli miljøvernsjef hos Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Det er nærliggende å tenke at han her kan ha møtt seg selv, som Industriforbundets mann, i døren. Det har neppe vært noe problematisk møte. Det var i Omholts tid i Industriforbundet at forståelsen for miljøproblematikken tok form, og han har gitt sitt bidrag til at næringsliv og forvaltning kan se felles interesser i løsningen av viktige samfunnsoppgaver.

Hvis vi ser på det formelle, har Omholt vært pensjonist fra 1991. Heldigvis har han stillet seg til disposisjon i en rekke oppdrag for Forskningsrådet, og vi vil tro at flere venter.

Anders Omholt er en hedersmann. Kolleger i inn- og utland verdsetter hans generøse samarbeidsvilje, hans åpenhet for andres ideer og hans konstruktive, alltid vennlig fremførte kritikk. I ferie og fritid ferdes han gjerne i skog og på fjell. Privat er han beskjeden, og kan virke nesten reservert om en ikke kjenner ham; men han setter pris på venners selskap, og kan slippe seg løs i festlig lag.

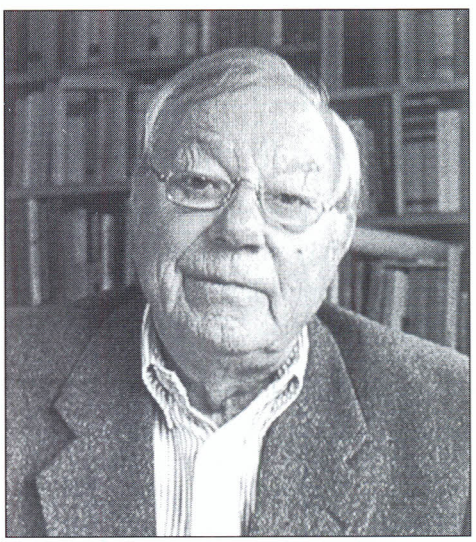
Anders Omholt ble innvalgt som medlem av Det Norske Videnkaps-Akademi i 1965, og i 1988 ble han utnevnt til Ridder av 1. klasse av Den kongelige norske Sanct Olavs Orden "for fortjeneste av norsk vitenskap".

Selvsagt har Omholt tatt sin tørn som medlem av styret i Norsk Fysisk Selskap. Vi har medlemmene med oss når vi gratulerer med 70-årsdagen den 27. november.

Ove Harang og Olav Holt

∞

Prestisjefylt pris til Arnt Eliassen



Arnt Eliassen, nå professor emeritus fra Geofysisk Institutt, Universitetet i Oslo, ble nylig tildelt en internasjonal pris fra den Italiensk – Sveitsiske Premio Balzan stiftelsen. Prisen er gitt *for his fundamental contributions to dynamic meteorolgy, influencing and stimulating scientific progress in his area during the past fifty years.*

Prisen er på 500 000 CHF, og ble utdelt for få dager siden ved en seremoni i Roma. Eliassen har vært med på å sette norsk meteorolgi på verdenskartet. Hans bidrag til numerisk værvarsling er grunnleggende innen dagens meteorologi, og noen av hans arbeider hører med blant de mest siterte. FFV gratulerer!

Heder til IFE-fysikere

Dette nummers forsidetema, "knutefysikk", har vakt internasjonal oppsikt. AIP (The American Institute of Physics) fremhever hver uke noen få av de beste artiklene i internasjonale tidskrifter. Den andre uka i september ble artikkelen: *Braids plaited by magnetic holes* av P. Pieranski, S. Clausen, G. Helgesen og A.T. Skjeltorp (Phys. Rev. Letters, Vol. 77, No. 8, p 1620), vist denne oppmerksomhet. FFV gratulerer!

∞

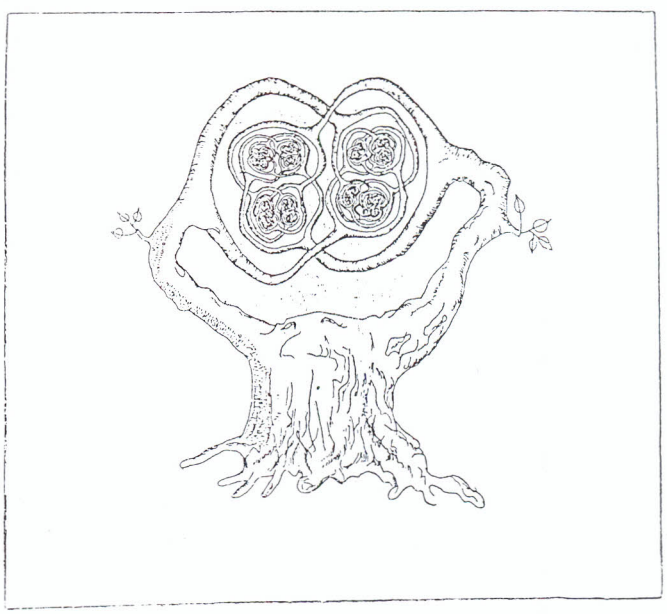
Knuter, fletter og ny fysikk

Sigmund Clausen, Geir Helgesen og Arne Skjeltorp *

For omtrent 130 år siden foreslo fysikeren Lord Kelvin at atomer bestod av små knuter. Ideen var feil, men flittige matematikere arbeidet videre i over ett hundre år med knutenes innerste hemmeligheter. I dag fremstår knuteteori som en "vitenskapelig potet" som kan benyttes til omtrent alt.

Knuter – ikke bare for speidere og seilere

Knuter har vært en viktig del av den menneskelige kultur i uminnelige tider. Vevere, fiskere og seilere har vært avhengige av knuter i tusener av år. Livet til fjellklatrere og operasjonspasienter avhenger av dem. Men knuter finnes også i kunstverk og i forbindelse med religiøse symboler rundt hele verden. Yggdrasil var et tre i norrøn mytologi med intrikate knuter som vokste helt inn i himmelen (Fig. 1). "Knutespråk" benyttes også som metaforer. Knute på tråden forbindes med samlivsproblemer. Gordisk knute er et uttrykk fra oldtiden som betyr en innviklet knute som ikke lar seg knyte opp uten at en hugger den over. I overført betydning illustrerer dette et vanskelig problem som bare kan løses på en resolutt og radikal måte.



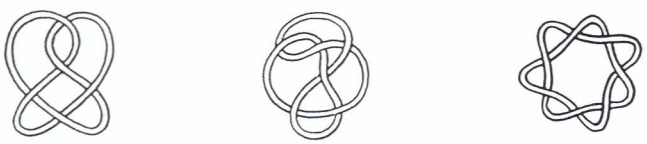
Figur 1. Yggdrasil, treet i norrøn mytologi med greiner som ledet inn i himmelen. (Etter radering av Bill Meyers.)

Sjømenn har vært de som har eksperimentert mest med tauknyting og spleising av tauverk da dette var viktig ombord i seilskuter. Ettersom de fleste sjømenn i tidligere tider hverken kunne lese eller skrive, ble knutelaging også en hobby. Faktisk er det tusenvis av ulike knuter som har utviklet seg gjennom tidene fra det enkle halvstikk til fantasifulle kombinasjoner. The Ashley Book of

*Fysikkavdelingen, Institutt for energiteknikk, Kjeller.

Knots[1] er en forbløffende bok om knuter fra en ikke-matematiker. C.W. Ashley samlet ca. 3900 ulike knuter for praktisk bruk i mer en nitti ulike profesjoner, i alfabetisk rekkefølge fra Bueskytter til Yachtfører, og i estetisk orden fra Blomsterhandler til Bøddel.

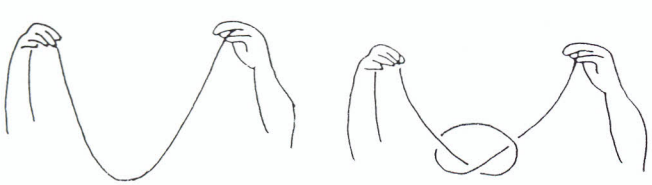
I motsetning til fysiske og mytiske knuter, er knuteteori en forholdsvis ny gesjeft som oppsto i England på 1860-tallet. Der var det en fysiker ved navn William Thomson, som senere ble Lord Kelvin, som foreslo at atomer kunne være "knyttede hvirvler av eteren" (Fig. 2). Eteren var dengang en tenkt, usynlig materie som gjennomsyret universet. Thomson forestilte seg at disse hvirvlene var knyttet sammen med bitte små knuter. Ettersom hans idé var feil, mistet fysikere interessen for knuter i de neste 100 år. Men i denne lange perioden fortsatte mange matematikere å arbeide videre med knuter. De startet å katalogisere knuter, og etter hvert ble det laget et slags periodisk system.



Figur 2. Rundt 1860 foreslo Lord Kelvin at atomene kunne være "knyttede virvler av eteren".

Matematiske knuter

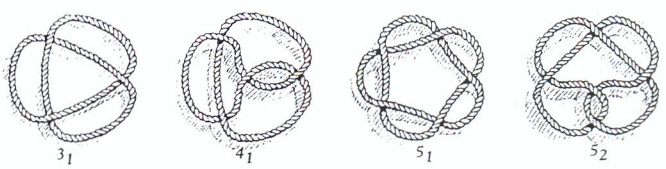
I vårt dagligliv med slips, sko og hårsløyfer, er knuter bare noen enkle innretninger for å feste hyssing og tau til seg selv og andre ting. Det er blitt sagt at knuter på en måte er ferdskrivere som fysisk lagrer eller etterlater seg sporene av hendene som holder tauet eller hyssingen (Fig. 3). Matematikere har en streng definisjon av knuter.[2,3] Til forskjell fra skolisseknuter, slipsknuter og et håpløst sammenfiltret snøre i bunnen av båten, har matematikernes knuter ingen frie ender. Isteden snirkler de seg gjennom rommet for til slutt å bite seg selv i halen og danne en lukket løkke (Fig. 4). For en matematiker er altså en knute noe i likhet med en sammenkveilet skjøteledning som er blitt plugget tilbake til seg selv. Dette skyldes at dersom en har frie ender, vil en alltid kunne dra en fri ende inn og ut av løkker. Dersom en har nok tid og tålmodighet, er det derfor alltid mulig å få tilbake en rett tråd uten knuter.



Figur 3. En knute er sporene etter hendene som holder hyssingen.

Figur 4. En matematiker forlanger at en knute ikke skal ha frie ender.

Den enkleste knuten en kan ha når en har innført ingen-frie-ender regelen, er en sirkel eller en "ikke-knute". Den kalles også en triviell knute. Den enkleste ikke-trivielle knuten er en såkalt kløverknute der tråden, snøret eller tauet, krysser hverandre tre ganger (Fig. 5). Det er også bare en type knute som har fire kryssinger, den såkalte kjerringknuten. Videre vil antall knuter i en gruppe vokse raskt.



Figur 5. De fire enkleste matematiske knutene klassifisert etter hvor mange ganger hyssingen krysser seg selv. Det er bare én knute med tre kryssinger og én med fire, men to med fem kryssinger.

Det er f.eks. 49 ulike knuter med ni kryssinger, 552 ulike knuter med elleve kryssinger. Hittil har en greidd å klassifisere i alt 12 965 ulike knuter med tretten eller færre kryssinger. Det er ennå ingen som vet hvor mange knuter en kan lage med fjorten kryssinger, men det ligger antakelig rundt 40 000. Med 23 kryssinger vil det trolig være mulig å lage omtrent like mange ulike knuter som det er mennesker på jorden.

Nye anvendelser av knutematematikk

Selv om en matematikers idé av en knute er forskjellig fra det en speider eller seiler tenker seg, vil de kunne stille de samme spørsmålene: Er kurven eller tråden virkelig en knute eller ikke? Går det f.eks. an å finne en "formel" for en kjerringknute eller et halvstikk, for ikke å snakke om en båtmannsknop? Svaret er, ja, men det er ganske komplisert. Slike "formler" går ikke på om en kjerringknute holder bedre enn en dobbeltknute. Det er mer "formen" på knutene som er interessant for matematikere. Neste spørsmål er så hva skal slike "formler", om de finnes, kunne brukes til? Ville det ikke være like godt å bare ha en oppskrift på knuter omtrent som en har et mønster for et broderi? Det er det som er den store overraskelsen. Knutematematikk dukker nå opp på de meste uventede steder som et verktøy for å beskrive og etterlikne forskjellige naturfenomen. For eksempel kan den beskrive hvordan DNA-spiraler kopierer seg selv inne i celler.[2] Knuteteori finner også anvendelser innenfor teoretisk fysikk, der en utforsker de største "byggesteinene" i universet, galaksene, og de minste "byggesteinene" i atomkjerner.[3]

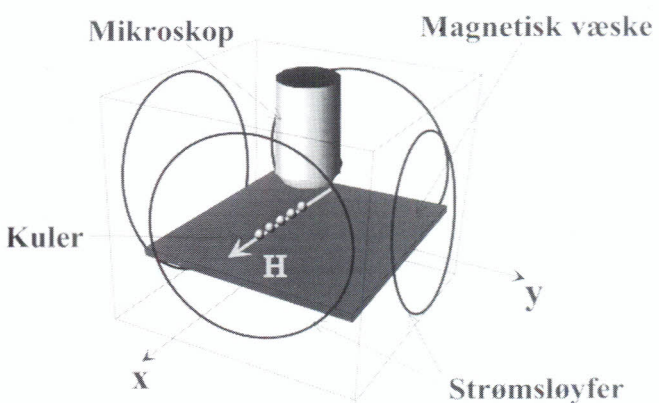
Vi er i dag ikke i stand til å beskrive komplekse prosesser på grensen til kaos som været, børssvingninger, evolusjon, eller turbulensen i kokende vann og i et fossefall. Det er en stor forskningsaktivitet internasjonalt for å finne nye former for matematikk og fysikk som må utvikles for å kunne håndtere komplekse fenomener. På Fysikkavdelingen ved IFE, prøver vi nå, som de første i verden, ut en ny retning innen kaosforskning der vi bruker knutematematikk.[5] Vi studerer samspillet mellom virrevandrende Ugelstadkuler som påvirker hverandre og bruker kulene som svært enkle modeller for turbulens. Vi kan tenke oss at kulene etterlater seg røkstriper omtrent som vi kan se fly slipper ut røkstriper under flystevner. Når partiklene virrevandrer rundt hverandre, vil de tenkte røkstripene flettes sammen til komplekse mønstre. Denne delen av knutematematikken kalles derfor også flettematematikk. Flettenes iboende orden eller uorden, kan kodes omtrent som et helt sjakkspill kan kodes ved en enkel rekke av bokstaver og tall. Merkelig nok ser vi en sammenheng mellom flettene i vårt turbulente system og "flettene" av DNA-molekyler. DNA-molekylet i våre celler, er på en måte en uhyre lang "flette" som inneholder milliarder av "bokstaver" som danner en slags lang ordrekke. Dette "språket" er oppskriften på et menneske. På samme måte som vi benytter noen ord oftere enn andre i vår dagligtale, opptrer noen "ord" i DNA-fletten oftere enn andre.

I vår analyse av "flettene" etter Ugelstadkulene viser det seg også at det er noen "ord" som forekommer oftere enn andre. Dette betyr at kulene virrer rundt hverandre oftere på én måte enn på en annen. Tenk deg et dansegulv fullt av diskodansere. Det hele ser kaotisk ut. Men ser en litt nærmere på de som er i nærheten av hverandre, er det en slags orden i kaoset. Det er enkelte hopp og sprett som opptrer oftere enn andre og bevegelsene er flettet inn i hverandre.

Knuteteoriens historie kan illustrère noe av vitenskapens innerste vesen. Uten Lord Kelvins ville og gale idé om "knute-atomer" for ca. 130 år siden, ville vi i dag altså ikke hatt et vel utviklet matematisk apparat for å se med nye øyne på uløste naturfenomen. Uten fantasi vil vitenskapen ikke ha noe å utprøve.

Eksperimentet vårt

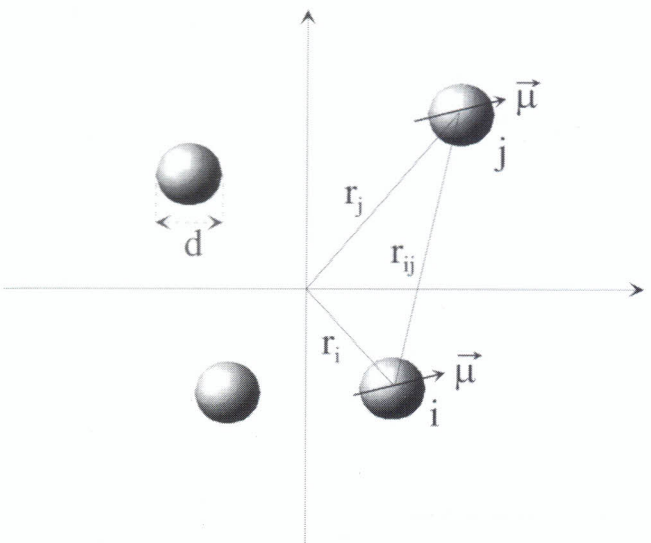
Vårt eksperimentelle system består av Ugelstadkuler dispergert i en magnetisk væske. Kulene og væsken befinner seg mellom to parallelle glassplater, og vi kan betrakte det hele i et lysmikroskop. Avstanden mellom platene er typisk det dobbelte av kulediameteren ($d = 100\ \mu m$) slik at kulene kan bevege seg fritt i planet. To par strømsløyfer setter opp et roterende magnetisk felt i det samme planet.



På grunn av den magnetiske væsken blir de umagnetiske Ugelstadkulene tilsynelatende magnetiske i et ytre magnetfelt ved den såkalte magnetiske hull-effekten.[4] Denne effekten er en magnetisk analogi til Arkimedes' prinsipp: Kulene får et effektivt magnetisk moment lik momentet til den magnetiske væskemengden de fortrenger. Den parvise vekselvirkningsenergien er av dipol-dipol type og gitt ved:

$$U(\vec{r}_i, \vec{r}_j) = \begin{cases} \frac{\mu^2(t)}{r_{ij}^3} - \frac{3[\vec{\mu}(t)\cdot\vec{r}_{ij}]^2}{r_{ij}^5} & \text{dersom } r_{ij} > d \\ \infty & \text{dersom } r_{ij} \leq d \end{cases}$$

der $\vec{\mu}(t)$ er det effektive magnetiske momentet til kulene og $\vec{r}_{ij} = \vec{r}_j - \vec{r}_i$ er avstandsvektoren mellom sentrene til kule i og kule j.

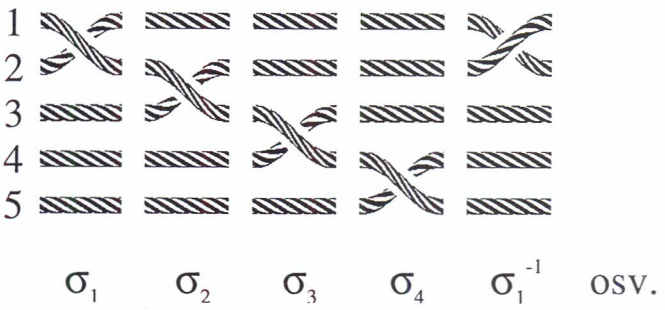


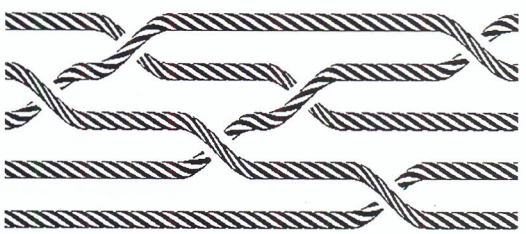
I et statisk ytre magnetfelt vil en kunne få dannet kjeder av 2, 3, 4, ... kuler. Dersom en nå lar feltet begynne å rotere, vil kulene forsøke å følge feltet ved å opplinjere seg langs feltretningen. Viskøse krefter i væsken vil dempe bevegelsene, og kjedene brytes opp. Kulene vil da følge ganske kompliserte baner. For å beskrive dynamikken vi observerer, bruker vi flettematematikk.

Enkel fletteteori

En flette er definert matematisk som en samling av n tråder ($n = 2, 3, 4, \ldots$) som holdes fast i hver ende.[2,3] Krysningene av trådene ordnes på en slik måte at bare to tråder krysser hverandre på samme sted. Da kan fletta beskrives på en entydig måte ved å angi rekkefølgen av hvordan trådene krysser hverandre. Nedenfor vises et eksempel på en slik koding av en flette med fem tråder.

Øverste del av figuren viser generatorene eller byggeklossene som vi behøver for å kode fletta. Reglene for å kode de forskjellige flettene kommer fra flettematematikken og er relativt enkle. Dersom tråd nummer i krysser *over* tråd nummer $i+1$, betegner vi hendelsen med σ_i, og dersom den krysser *under* med σ_i^{-1}. Nederst ser vi et eksempel på en flette som består av fem tråder med den tilhørende flettekoden under. Når vi skal beskrive en spesiell flette, er det nok å oppgi flettekoden. Da kan andre selv lage en kopi av fletta. All viktig informasjon ligger i koden.

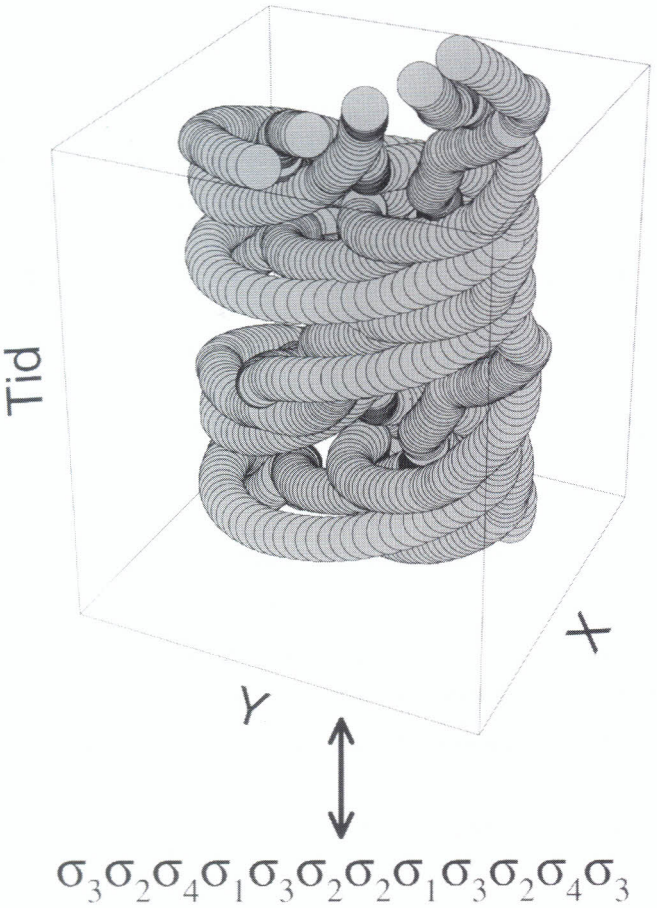




$$\sigma_2\sigma_1^{-1}\sigma_3\sigma_2^{-1}\sigma_4\sigma_1$$

Koding av kompleks dynamikk

Ugelstadkulene våre beveger seg i det horisontale xy-planet. En datamaskin som er tilknyttet et videokamera på mikroskopet, regner ut posisjonene til kulene mange ganger i sekundet. Ved å plotte posisjonen til hver av kulene som funksjon av tiden, ser en at banene deres fletter seg rundt hverandre i et tredimensjonalt rom–tid koordinatsystem. Figuren nedenfor viser sporene, i fysikken ofte betegnet som *verdenslinjene*, av fem virrevandrende Uglestadkuler med tilhørende flettekode under. Vi kan altså ved å bruke flettematematikk beskrive den relativt kompliserte dynamikken på en kompakt og elegant måte.[5]



$$\sigma_3\sigma_2\sigma_4\sigma_1\sigma_3\sigma_2\sigma_2\sigma_1\sigma_3\sigma_2\sigma_4\sigma_3$$

Kompleksiteten på flettene som kulene danner, avhenger både av hvor mange kuler en har, og av hastigheten til forandringene av magnetfeltet ("dansehastigheten"). Vi kan for eksempel se interessante forskjeller mellom mønstrene som dannes av et jevnt og av et odde antall kuler. Når en har et jevnt antall kuler, har alle en "partner å danse med". Har en derimot et odde antall kuler, blir en kule uten partner. En kan da observere at i enkelte tilfeller vil det være samme kule som er uten partner hele tiden, mens i andre tilfeller (andre "dansehastigheter") bytter kulene på å være alene, og flettene blir da svært kompliserte.

Litteratur

1. C.W. Ashley: *The Ashley Book of Knots.* Doubleday (1944)
2. Colin C. Adams: *The knot book, An Elementary Introduction to the Mathematical Theory of Knots.* W.H. Freeman and Co. (1994)
   (En meget bra og lettlest bok for ikke-spesialister.)
3. Louis H. Kauffmann: *Knots and Physics.* World Scientific (1993)
   (En veldig omfattende, men noe tyngre bok.)
4. A.T. Skjeltorp: *One- and Two-Dimensional Crystallization of Magnetic Holes.* Phys. Rev. Lett. **51,** 2306 (1983)
5. P. Pieranski, S. Clausen, G. Helgesen, and A.T. Skjeltorp: *Braids plaited by Magnetic Holes.* Phys. Rev. Lett. **77,** no. 8 (1996)

∞

HUSK Å BETALE KONTINGENTEN!

Newtons fysikk: klassisk mekanikk eller den klassiske mekanikkens grunnlag?

Kenneth Simonsen *

I artikkelen "Naturvitenskapelige bommerter i litteraturen" (Fra Fysikkens Verden, 3/95) angriper fysikerne Olav Steinsvoll og Joe McCauley, Jostein Gaarders boksuksess "Sofies Verden". Kjernen i deres kritikk bunner i at bokens omtale av renessansens fysikk angivelig skal inneholde grove feil både ifølge dagens oppfattelse av fysikken og idéhistorien. Hvorvidt Gaarder faktisk begår idéhistoriske feil i sin mye omtalte bok, kan i seg selv diskuteres da det i høy grad beror på tolkningsspørsmål av Galileis og Newtons egne tekster. Desto mer illevarslende er det derimot at artikkelforfatterne i sin argumentasjon blander idéhistorie med dagens kunnskap og dermed selv begår idéhistoriske feil. Det er derfor på sin plass å rydde opp i begrepene, og å sette den klassiske fysikken i et historisk perspektiv. Det burde også for fysikere flest være viktig å være klar over at det er en forskjell på Newtons fysikk og newtonsk eller klassisk fysikk, og at fysikken og dens teorier forandrer seg kontinuerlig; for er ikke det all vitenskaps, og da spesielt grunnforskningens legitimitet, at dens teorier er i stadig utvikling?

Innledning

De aller fleste vil samtykke i at den siste halvdel av dette årtusen, tiden fra renessansen, da antikkens idealer igjen fikk en sentral plass i samfunnet, og fram til dagens post-modernistiske epoke, hvor døren inn til det 21. århundret står på gløtt, representerer en rivende utvikling i menneskets historie. Både samfunnsformer, levesett, teknologi og kultur har i løpet av denne perioden gjennomgått til dels store omveltninger. Bak disse forandringene, det være seg reformer eller revolusjoner, finnes det bidrag fra flere hold. En av de viktigste faktorene for denne utviklingen er naturvitenskapen, eller naturfilosofien som i denne sammenhengen kanskje er et mer dekkende begrep. Naturvitenskapen har, i egenskap av sine ideer, metoder, teorier og anvendelsespotensial, hatt en stor innflytelse på utviklingen av det som er blitt vårt samfunn. Den har lagt grunnlaget for vår forståelse av naturen, og den har vært et viktig redskap i utformingen av dagens vestlige kultur.

Men det er ikke bare samfunnet og kulturen som har utviklet seg. Naturfilosofien har selv vært gjenstand for dyptgående forandringer. Mye har skjedd siden Aristoteles' fysikk hersket i senmiddelalderen. På denne tiden søkte man å forklare fysiske fenomen med utgangspunkt i de fire årsakene: *'causa efficiens'*, *'causa materialis'*, *'causa formalis'* og *'causa finalis'*. Middelalderens lærde mente at et legemes fall mot bakken kunne forklares ved at legemet søkte det som var naturlig for det: å ligge i ro på bakken. Den naturlige tilstand var ro, og hvert av de fire elementene, jord, vann, ild og luft, kunne bare oppnå ro på sine naturlige steder, på bakken eller i atmosfæren. Til og med på Newtons tid var dette læren som ble 'forkynt' i klasserommene til tross for at Nicolaus Copernicus, Galileo Galilei, Johannes Kepler og andre hadde fremmet alternative syn.

På 1600-tallet opplevde Europa nye intellektuelle strømninger. Man tok ikke lenger den gamle aristoteliske fysikken med alle dens motsigelser og paradokser, for gitt. Litt etter litt vant nye idéer fram. Flere forskjellige modeller ble, på et teoretisk så vel som på et eksperimentelt plan, prøvd ut. Det var i dette århundret kampen om verdenssystemene fant sted. Etter at Aristoteles' fysikk og Ptolemeus' astronomi mistet sin popularitet blant de nye naturfilosofene, stod kampen mellom to svært ulike oppfatninger. Begge lagde teoretiske modeller som prøvde å ta nye eksperimentelle og astronomiske data i betraktning. Det viste seg dessuten at de var geografisk avgrenset mellom kontinentet og De britiske øyer selv om det fantes forsvarere av begge

*Doktorstudent ved Université Denis Diderot, Paris.

retninger i begge leire. På kontinentet utarbeidet René Descartes, og senere Christiaan Huygens og Gottfried Wilhelm Leibniz, forskjellige virvelteorier. Disse teoriene var forankret i en sterk tanke om at all forandring i bevegelse skjer ved kontakt. De så derfor for seg et *materielt fluid* som i en kurvet bane beveget seg rundt et sentrum, sola. Planetene "badet" i dette fluidet som på en eller annen måte dyttet dem rundt det samme sentrum. Dette bildet ble kraftig motarbeidet på De britiske øyer hvor man søkte en universell gravitasjonslov etter en attraksjonsmodell. I spissen for dette synet stod arkitekten Christopher Wren, oppfinneren Robert Hooke og astronomen Edmund Halley. Men det var Isaac Newton som klarte å stable et helhetlig verdenssystem på beina, publisert først og fremst i hans *Philosopiae Naturalis Principia Mathematica* fra 1687.

I løpet av det 18. århundret vant Newtons fysikk stadig nye tilhengere. Hans teser ble videreutviklet gjennom arbeider av flere store vitenskapsmenn som Johann Bernoulli, Pierre Varignon, Colin Maclaurin, Leonhard Euler, Jean le Rond D'Alembert, Pierre Simon de LaPlace og Joseph-Louis Lagrange, til å bli en slagkraftig teori som kunne gi svar på de fleste av datidens problemstillinger. I dette århundret så forøvrig også de første elektrisitetsteorier og varmeteorier dagens lys, men den vestlige verden måtte vente til det 19. århundret før man på dette området klarte å utarbeide teorier som stemte godt overens med de eksperimentelle data. Senere kom nye til, som for eksempel relativitetsteoriene, kvantemekanikken, den statistiske fysikken og så videre. Renessansens naturfilosofer hadde satt i gang en irreversibel prosess som den dag i dag fortsetter i laboratorier og i millioner av vitenskapsmenns hoder.

Bakgrunn

I sin artikkel trekker Steinsvoll og McCauley fram flere sitater fra *Sofies Verden* for å underbygge sitt syn. Når de skal forklare hvor Gaarder tar feil i henhold til Newtons teori, siterer de bokens side 208 hvor filosofilæreren Alberto forteller om hvordan *to* krefter virker samtidig og holder månen i kontinuerlig bevegelse rundt jorda. Ifølge dagens klassiske fysikk er dette feil, og således er Steinsvoll og McCauley sin bemerkning både riktig og nødvendig. Men skal man ta hensyn til Newtons eget syn på dette, blir situasjonen noe mer komplisert. Faktisk kan man til en viss grad gi Gaarder medhold i den tolkningen han tillegger Alberto. I så fall gir dette en indikasjon på at artikkelforfatterne setter likhetstegn mellom Newtons fysikk og newtonsk fysikk, en indikasjon som forsterkes når de etter å ha gitt en kort oversikt over den historiske utviklingen fra Galilei til Newton, skriver:[1]

"Når månen går i en bane uten friksjon (lufttomt rom), er det imidlertid *to bevaringslover* som samtidig oppfylles, nemlig lovene om energibevaring og bevaring av det angulære moment eller impulsmomentet."

På Newtons tid fantes det ingen ting som kaltes 'energi', og langt mindre noe som kaltes 'energibevaring'. Riktignok brukte Huygens og Leibniz i sine fysiske teorier begrepet *vis viva* eller 'levende krefter'. Disse kreftene var uttrykt matematisk på formen mv^2, og kan etter dagens begreper mest velvillig tolkes som kinetisk energi. De gir også uttrykk for en bevaring av 'vis viva', eller sagt med andre ord, en bevaring av kinetisk energi. I Leibniz' tilfelle var dette også viktig i forhold til hans filosofiske monadeteori. Det nærmeste man kommer en energibevaringsidé i det 17. århundret, er altså tanken om bevaring av 'levende krefter' (kinetisk energi) i Huygens' og i Leibniz' teorier. Men disse var forøvrig svært forskjellige fra Newtons teori. Både tolkningen av de fysiske fenomen, bruken av matematiske verktøy og underliggende filosofiske ideer, skiller Newtons fysikk fra de to andres. Det er blant annet vist at da Newton leste Leibniz' tekster, tolket han 'vis viva' som en form av den type krefter han selv brukte i *Principia*. Dette førte til flere misforståelser og bidro til å styrke kontroversen dem imellom.(1) Energibegrepet slik vi kjenner det i dag, ble for øvrig ikke kjent før etableringen av termodynamikken midt på 1800-tallet, altså nesten to hundre år etter utgivelsen av Newtons mesterverk.

Dersom Newton var uklar med tanke på kraften/kreftene som virker på månen i dens bevegelse rundt jorda og ikke hadde begreper om noe som kunne minne om energibevaring, to viktige elementer i den klassiske fysikken, hva var så Newtons fysikk? For å svare på dette spørsmålet er det mer fruktbart å prøve å sette seg inn i hans samtids forestillinger enn å ta utgangspunkt i dagens teori.

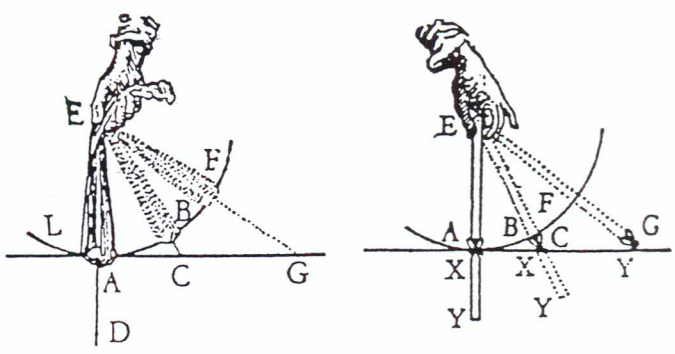
På Newtons tid var grunnlaget for den moderne naturvitenskapen i ferd med å bli lagt. Etter at Copernicus hadde snudd opp ned på det geosentriske verdensbildet og innført sola som verdens

[1] s. 85. Artikkelforfatterne har selv lagt deler av sitatet i kursiv, mens jeg er ansvarlig for understrekningen.

midtpunkt, møtte det gamle aristoteliske tankesystem stadig ny motstand. På begynnelsen av 1600-tallet visket Galilei ut den klare distinksjonen mellom tilstandene 'immobilitet' og 'bevegelse'. Det var en velkjent oppfatning i middelalderen at immobilitet ble betraktet som noe mer nobelt og naturlig enn både akselerert og konstant rettlinjet bevegelse. Men i Galileis teori ble denne oppfatningen forlatt. I verket *Dialogo sopra i due massismi sistemi del mondo* (Dialoger over de to største verdenssystemene) fra 1632, introduserer han begrepet 'hastighetsgrad' som angir hastigheten i et gitt øyeblikk. Med dette begrepet fratar han immobiliteten dens noble rang. I bokens 2. dag (s 44) forklarer han at "et legeme før det settes i bevegelse har en ekstrem langsom 'hastighetsgrad', dvs. at det er i ro".[5] Bevegelse og immobilitet er altså ikke to fundamentalt forskjellige tilstander, men er på samme ontologiske nivå hvor immobilitet besitter en 'ekstrem langsom hastighetsgrad'.

Avmystifiseringen av immobilitet var et viktig skritt mot en mer moderne forestilling av den fysiske verden og de lover som hersker der, og den ble ytterligere forsterket gjennom Galileis konseptualisering av treghetskraften. Ved å antyde at et legeme fortsetter sin rettlinjede bevegelse så sant ingen ytre krefter virker, ga Galilei den aristoteliske tenkemåte et nytt støt samtidig som han la til en viktig stein i den klassiske fysikks grunnmur. Selv om hans utgave av treghetsloven er noe ufullstendig sammenlignet med Descartes, Huygens eller Newtons versjoner – han kunne ikke tenke seg et legeme uten gravitasjon – forblir den en konseptuell innovasjon av meget stor betydning. Den kan best betraktes som et konseptuelt vendepunkt der forandring av bevegelse ikke lenger skyldtes indre aktivitet, men ytre omstendigheter. En like stor konseptuell 'nyhet' i Galileis teori, var hans oppdagelse av 'Loven om legemers frie fall', dvs. at legemer av forskjellig tyngde faller med samme akselerasjon dersom ytre motstand, som luftmotstand, neglisjeres. Denne vies forøvrig større oppmerksomhet enn treghetsloven i hans publiserte verker og spilte en minst like viktig rolle i Newtons arbeid med den universelle gravitasjonsteori.

Mens Galilei var den første som virkelig rokket ved den jordslige delen av det aristoteliske verdenssystemet, bidro Kepler og Descartes til at himmelbevegelsene ble sett på med nye øyne. Copernicus satte riktignok fram hypotesen om at planetene gikk rundt sola og ikke rundt jorda, men både han og Galilei beholdt den aristoteliske forestillingen om at planetbevegelsene var sirkulære, uniforme og evige. Denne forestillingen gikk Kepler til livs da han oppdaget at planetene gikk i ellipsebaner om et brennpunkt. Videre var Descartes den første som forsøkte å gi en rasjonell forklaring på hvorfor det var slik, og hans syn på bevegelse var et grunnleggende element i dette forsøket. I *Le Monde* (1630) definerte han bevegelse som en 'status', dvs. en tilstand og ikke en forandringsprosess som i den aristetoliske fysikken. All bevegelse er imidlertid ikke 'status', bare den uniforme og rettlinjede. Dermed bekreftet Descartes sitt treghetsprinsipp. Videre er denne 'status' knyttet til tidsbegrepet: tilstanden kan vedvare eller den kan vare kun i et øyeblikk. I en sirkulær bevegelse forandrer et gitt legeme sin 'status' kontinuerlig fordi retningen og/eller farten aldri vil være den samme i to påfølgende øyeblikk. Sirkulær bevegelse kan altså ikke være uniform og evig, men forandrer stadig sin tilstand. Planetenes krumlinjede bevegelse måtte derfor forklares på en annen måte enn ved å henvise til en perfekt sirkulær bevegelse. Ved å observere en kasteslynge i bevegelse (figur 1), så han at et legeme som roterte hadde en tendens til å forlate sin krumlinjede bane langs tangenten. Denne tendensen forklarte han ved et nytt begrep, sentrifugalkraften. For å forklare planetenes bevegelser, utarbeidet Descartes derfor en mekanistisk teori hvor planetene formelig "badet" i et korporelt fluid som på en eller annen måte dyttet dem inn mot banens sentrum, sola, og som motvirket påvirkningen fra sentrifugalkraften slik at de holdt seg i sine opprinnelige baner.



Figur 1. I §57 i *Principia Philosophiae* beskriver Descartes kvalitativt sentrifugalkraften. Steinen er satt i krumlinjet bevegelse i kasteslynga. I et gitt punkt A vil steinen tendere mot C langs banens tangent AC. Dersom steinen slippes fri fra kasteslynga, vil den derfor forlate den opprinnelige banen og bevege seg mot C langs AC. Dette fenomenet skyldtes ifølge Descartes, sentrifugalkraften. (Figuren er fra M. Blay: *Les "Principia"...)*

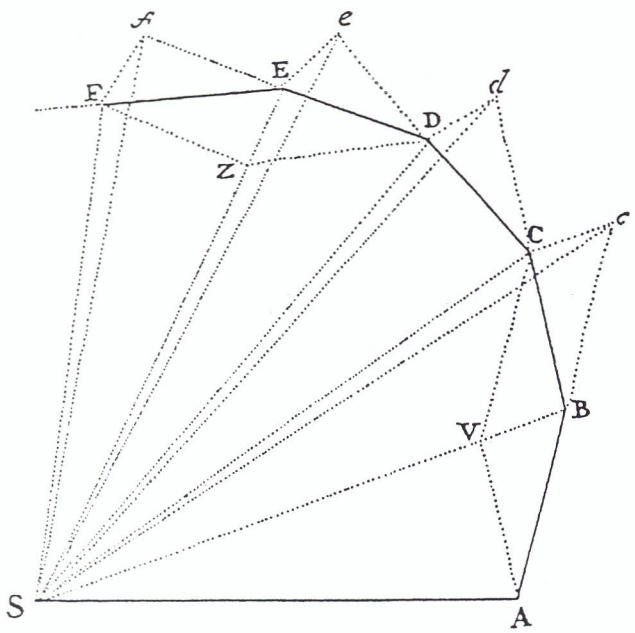
Newton og hans fysikk

Det er verdt å merke seg at sentrifugalkraften ble brukt i den første rasjonelle forklaringen av planetenes ellipseformede bevegelse, og den fikk dermed en sentral plass i 1600-tallets idéverden. Etter at Descartes hadde fremmet sin høyst kvalitative modell i verket *Principia Philosophiae* i 1644, vant dette begrepet stadig flere tilhengere. I 1659 lyktes det Huygens å finne et kvantitativt uttrykk for denne kraften, men han offentliggjorde det ikke før ved utgivelsen av *Horologium Oscillatorium* i 1673. Den hele og fulle demonstrasjonen ble imidlertid ikke publisert før 1703, åtte år etter hans død, i samleverket *Opus Posthuma* under tittelen *De vi Centrifuga*. Ved siden av Huygens, utarbeidet bl.a. Leibniz sin virvelteori i slutten av 1680-årene basert på den samme type kraft.

Men det var ikke bare blant naturfilosofene på kontinentet at sentrifugalkraften ble tolket som reell og karakteriserende for krumlinjede bevegelser. På De britiske øyer (og dette gjaldt også Newton) iaktok man denne type bevegelser på samme måte: Legemer som roterer har en tendens til å forlate sin krumlinjede bevegelse langs banens tangent. Det som først og fremst skilte de forskjellige retningene var synet på gravitasjonskraften. På kontinentet mente man at det var et fluid som 'holdt' planetene igjen i sine respektive baner, mens man i den anglosaksiske verden forestilte seg en forklaringsmodell basert på en attraksjonskraft. Denne forestillingen har sin opprinnelse i William Gilberts *De Magnete* fra 1600, hvor han ved hjelp av begrepet attraksjon prøver å gi en forklaring på magnetismen. Noen år senere bruker Kepler attraksjonsbegrepet i sin forklaring av månens bevegelse rundt jorda, og introduserer for første gang dette begrepet i en forklaring av gravitasjonskraften. I løpet av århundret adopteres attraksjonsbegrepet av engelske lærde som i årene 1660–1680 benytter det i forsøk på å utarbeide et nytt verdenssystem. I tillegg var man på denne tiden klar over at et gitt flateelement som er plassert i en viss avstand fra en lyskilde, ville motta en lysintensitet som var omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden til kilden. Naturfilosofene Wren, Hooke og Halley, lette derfor etter en attraksjonslov på formen $1/r^2$. I begynnelsen av 1680-årene konfronterte Halley Newton med dette problemet. Spørsmålet han stilte var: Dersom man antar at planetene følger en lov på formen $1/r^2$, hvilken bane vil de da følge? I svaret Newton ga Halley i skriftet *De Motu Corporum* fra 1684, svarer han imidlertid på det motsatte spørsmålet: Dersom planetene går i ellipsebaner, på hvilken form er da loven de følger? Det opprinnelige spørsmålet, senere kalt "det inverse problem", ble først fullstendig besvart av Johann Bernoulli på begynnelsen av 1700-tallet. På bakgrunn av *De Motu* utarbeidet Newton den teorien som senere skulle gjøre ham så berømt: den fysiske teorien som er presentert i *Principia*.

I *De Motu* introduserer Newton sentripetalkraften som forklaring på de celeste bevegelsene. Han åpner skriftet med tre definisjoner, hvorav den første tar for seg sentripetalkraften, og fire hypoteser. Deretter setter han i gang med det som er tekstens mål: å finne et uttrykk for denne sentripetalkraften. Han tar utgangspunkt i treghetsprinsippet, som senere skulle bli den første bevegelseslov, og i Galileis "Lov om legemers frie fall". Ved hjelp av enkle geometriske betraktninger, kommer han fram til at sentripetalkraften må være omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden til banens sentrum. I innledningen er denne kraften definert som den som gjør at et legeme blir presset eller dradd mot et vilkårlig punkt betraktet som et sentrum. I *Principia*, som kom ut tre år senere, er den å finne i sin endelige form (Def. V):*A centripetal force is that by which bodies are drawn or impelled, or any way tend, towards a point as to a centre.* Vi har m.a.o. å gjøre med en kraft som trekker et legeme mot et sentrum, og den motvirker tendensen som legemet har til å forlate sin krumlinjede bane. Denne tendensen tolkes i definisjonens Scholium som "forces of receding from the axis of circular motion" (*Principia*, s 10). At dette dreier seg om en form for sentrifugalkraft, kommer tydeligere til uttrykk i Scholiet til Proposisjon IV i Bok III. Der skriver Newton at det er sentrifugalkraften som driver månen gjennom banen: "Therefore if the same little moon should be deserted by its *centrifugal force that carries it through its orbit, and be disabled from going onward therein*, it would descend to the earth ..." Sentripetalkraften, på den annen side, holder månen igjen i sin bane, "... the centripetal force ... retaining it [the moon] in its orbit ...", og er det man kaller gravitasjon: "And therefore the force which retains the moon in its orbit [the centripetal force] is that very force which we commonly call gravity ..." (*Principia*, s 409. Min utheving).

Når Newton ikke forklarte planetbevegelsene utelukkende ved hjelp av sentripetalkraften, så kan det være et resultat av hans tolkning av sin egen



Figur 2. Når Newton i *Principias* Bok I, Prop. I, forklarer hvordan sentripetalkraften virker, tar han utgangspunkt i treghetsprinsippet. Han antar at legemet påvirkes i A av en ytre kraft (sentripetalkraften) som setter det i en rettlinjet bevegelse langs linjen AB. I B påvirkes legemet igjen av den samme kraften og retningen forandres til (BC). Dersom ingen kraft virket i B, ville legemet ved treghetsprinsippet ha fortsatt sin rettlinjede bevegelse mot c. I resten av resonnementet bruker Newton kjente geometriske regler samt sin egen "method of first and last ratios of quantities", for å forklare at sentripetalkraften virker kontinuerlig. (Figuren er fra Newton, I.: *Principia.*)

tredje lov, loven om kraft og motkraft. I Scholiet til Proposisjon V, Bok I, bekrefter Newton at sentrifugalkraften er lik, men motsatt rettet sentripetalkraften: "*This is the centrifugal force*, with which the body impels the circle; *and to which the contrary force*, wherewith the circle continually repels the body towards the centre, *is equal*" (*Principia*, s 47). Ifølge Bertoloni Meli er dette et syn Newton beholder helt fram til sin død.[1]

I den årelange kontroversen med Leibniz, tok Newton bl.a. til orde for å tilbakevise Leibniz' sentrifugalkraft, ikke fordi han mente den var ikkeeksisterende, men snarere fordi han mente den var gal. I sin fysiske teori definerte Leibniz begrepene 'sentrifugal anstrengelse' (effort centrifugal) og 'gravitasjonens anmodning' (sollicitation de la gravité). Han ville ikke bruke ordet kraft fordi han mente det impliserte et attraksjonsbegrep som han på ingen måte kunne godta. Etter flere kompliserte utregninger kom han fram til at planetenes bevegelser kunne forklares ved et spill mellom den 'sentrifugale anstrengelse' og 'gravitasjonens anmodning'. I praksis betydde dette at begge virket samtidig, men at den første var dominerende når en planet i sin ellipsebane fjernet seg fra sola, mens den andre var sterkest når planeten nærmet seg den. Ifølge Newton måtte dette være feil. I et manuskript fra 1710 (i ettertid kalt *Memoranda*) kritiserer han Leibniz' sentrifugalkraft fordi den ikke til enhver tid er, som hans tredje lov stadfester, lik og motsatt rettet 'gravitasjonens anmodning', eller i Newtons språkdrakt kalt sentripetalkraften. Sentrifugalkraften var altså ikke fiktiv i Newtons fysikk, slik den kom til å være det i den newtonske mekanikk, men en reell kraft som han tolket som motkraften til sentripetalkraften.

Som nevnt, tok Newton utgangspunkt i treghetsprinsippet når han gjorde greie for sentripetalkraften. Dette prinsippet, slik det kom til uttrykk i hans første lov i *Principia*, uttrykker ikke noe annet enn den evne et legeme har til å opprettholde sin tilstand så sant ingen ytre krefter virker på det. Med tilstand menes her ro eller uniform rettlinjet bevegelse. Riktignok definerte han en indre kraft – 'vis insita' – men denne representerte ikke noen egen kraft etter dagens definisjoner. Faktisk understrekte han at denne indre kraften best kunne forstås som en treghetskraft (vis inertiae), en passiv kraft (a force of inactivity) som kun trer inn ved ytre påvirkning i form av impuls eller motstand. Denne 'kraften' får med andre ord kun mening i forbindelse med treghetsprinsippet: Den første bevegelseslov. Imidlertid kan det vises at Newton ikke alltid tolket begrepet 'vis insita' på denne måten. I *De Gravitatione*, som ble skrevet en gang mellom 1662 og 1665, defineres dette begrepet som en kraft 'introdusert' i legemet. Dette kan best forstås ved at han i dette skriftet så på kraft som et mål på tilstandsforandring. For at et legeme skal forandre sin tilstand fra å være i ro eller i uniform og rettlinjet bevegelse, må det utsettes for en ytre kraft i tid og rom. På samme måte må en indre kraft være til stede for at et legeme skal forbli på sitt opprinnelige sted, eller fortsette sin rettlinjede bevegelse med konstant hastighet. Ved å definere 'kraft' som bevegelsens og immobilitetens årsak, vil den indre kraften representere en årsak til opprettholdelsen av legemets tilstand i tid og rom. Denne (indre) kraften viser seg med andre ord fra en atskillig mer aktiv side enn beskrevet i *Principia*. Dette kan skyldes at Newton på denne tiden i langt større grad enn senere, betraktet fysikken på bakgrunn av en metafysisk referanseramme hvor det ble lagt minst

like stor vekt på å finne fysiske årsaksammenhenger som matematiske forklaringsmodeller. Senere, og da spesielt etter publikasjonen av sitt hovedverk, gikk han tilbake på denne oppfattelsen og bemerket ved flere anledninger at denne kraften ikke er en indre kraft i fysisk forstand, men at den kun representerer en evne til å opprettholde legemets tilstand. Etter kraftig kritikk, fra i første rekke Leibniz og hans tilhengere, men også fra noen av sine egne, som mente at hans matematiske prinsipper først og fremst antydet filosofiske forklaringer med et bokstavelig fysisk innhold, ble Newton ledet til å insistere på at han ikke la noen fysisk signifikans i begrepet kraft.

Bildet av hvordan Newton definerte og brukte kraftbegrepet, blir dermed komplekst og til dels paradoksalt. Selv om han brukte den endelige definisjonen av treghetsprinsippet slik vi i dag kjenner den, når han skulle utlede det matematiske uttrykket for sentripetalkraften, tydde han likevel til sentrifugalkraften når han i enkelte sammenhenger kvalitativt skulle redegjøre for planetenes bevegelser. Dette gjorde han til tross for at treghetskraften sammen med sentripetalkraften, utelukker sentrifugalkraften som forklaringsmulighet. Mye kan derfor tyde på at Newton til en viss grad skilte mellom den matematiske utledningen av sentripetalkraften og den forklaringen han i denne sammenhengen la til grunn for planetbevegelsene, og at det i hans tanker derfor eksisterte et skille mellom det kvantitative og det kvalitative. I det første tilfellet var normen satt av rigid og nøyaktig matematikk, mens det i det andre var større rom for løsere forklaringer hvor kravet til matematisk gyldighet var atskillig lavere, og hvor hypoteser eller påstander om naturens årsaker var langt mer akseptert. En treghetskraft, slik den er beskrevet i *Principia* og som stemmer overens med de matematiske prinsipper, vil dermed kunne legges til grunn i en kvantitativ modell, mens sentrifugalkraften, som for datidens borgere var et forståelig og akseptert begrep, kunne finne sin plass i kvalitative forklaringer.

Konklusjon

Skillet mellom kvantitative og kvalitative forklaringsmodeller viser at det i Newtons fysikk fremdeles var elementer av gammel tankegang. En slik distinksjon manifesterer seg ikke bare i forbindelse med kraftbegrepet, men også i andre sammenhenger. Det kanskje mest kjente eksempelet er knyttet til begrepet 'attraksjon'. Som nevnt i begynnelsen av denne teksten, søkte Newton og hans landsmenn en universell gravitasjonslov etter en attraksjonsmodell, i motsetning til de kontinentale naturfilosofer som forklarte planetbevegelsene ved forskjellige virvelteorier. Mens virvelteoriene bygget på prinsippet om at all forandring i bevegelse skyldtes kontakt mellom legemer, forble det uklart hvordan attraksjonskraften virket. Newton tok ikke hensyn til dette da han matematisk utledet gravitasjonsloven. Derimot ble dette spørsmålet tatt opp i hans eterteori. Newton så for seg et immaterielt fluid, kalt *eter* som trengte gjennom hver minste del av universet. Kort sagt skulle denne eteren etter Newtons oppfatning, være et høyeste prinsipp som Gud aktivt kunne styre verden og dens bevegelser med. Etermodellen mistet ganske fort – i løpet av 1700-tallet – sitt teologiske aspekt, men den forble et element i den klassiske fysikken inntil Einsteins relativitetsteori i begynnelsen av dette århundret gjorde den overflødig.

I dag er Newton kanskje mest kjent som en av grunnleggerne av den moderne naturvitenskapen. Gjennom den universelle gravitasjonslov klarte han å forene to verdener som i det aristoteliske kosmos var underordnet et strengt hierarki. Ved å bevise matematisk at det var de samme lovene som gjaldt i himmelen og på jorden, ble den gamle verdensoppfatningen forkastet til fordel for en oppfatning av et homogent og enhetlig univers. Styrken i den nye vitenskapen hadde utgangspunkt i det som i det 17. århundret representerte en helt ny oppfatning. Den ble først formulert av Galilei, fikk fotfeste i Newtons idéverden, og den står igjen som et nøkkelord i moderne naturvitenskap: "Naturens bok skal skrives i matematikkens språk".[14] Men selv om matematikkens inntog i naturvitenskapen var et faktum, og grunnlaget for den moderne vitenskap nå var lagt, skal man være klar over at Newtons fysikk ikke er den samme som dagens newtonske mekanikk. Tvert imot er den, som forklart, ispedd flere elementer fra tidligere tankeretninger. Alberto fra Sofies Verden tok kanskje ikke så feil likevel. Det var fysikere fra det 18. og det 19. århundret som skulle fjerne disse elementene og samtidig videreutvikle den klassiske fysikken ved å tilføre den nye begreper og oppfatninger og ved å ta i bruk nye matematiske metoder. Den forandringsprosessen som naturvitenskapen var igjennom på Newtons tid, og som fremdeles pågår, kan kanskje best karakteriseres ved Newton selv som i et brev til Hooke fortalte at hvis han hadde sett så

langt, så var det fordi han hadde stått på skuldrene til giganter.

Litteratur

1. D. Bertoloni Meli: *Equivalence and Prority: Newton versus Leibniz.* Clanderon Press, Oxford (1993)
2. M. Blay: *Les "Principia" de Newton.* PUF, Paris (1995)
3. I.B. Cohen and R.S. Westfall, eds.: *Newton.* W.W. Norton Comp., New York, London (1995)
4. J. Gaarder: *Sofies Verden.* H. Aschehoug & Co, Oslo (1991)
5. G. Galilei: *Dialogue sur les deux plus grands systèmes du Monde, 1632, trad. fr. F. Fréreux,* Seuil, Paris (1992)
6. N. Guicciardini: *Johann Bernoulli, John Keill and the Inverse Problem of Central Forces.* Annals Science, **52,** 537–575 (1995)
7. P.M. Harman: *After Newton: Essay on Natural Philosophy.* Variorum, Aldershot, Hampshire (1993)
8. A. Koyre: *Etudes Newtoniennes.* Gallimard, Paris (1968)
9. G.W. Leibniz (E. Boutroux, ed.): *La monadologie.* Delagrave, Paris (1880)
10. G.W. Leibniz (J. Peyroux, ed.): *Oeuvre concernant la Physique.* Libraire A. Blanchard, Paris.
11. I. Newton (F. De Gandt et M.F. Biarnais, eds.): *De la Gravitation suivi de Du Mouvement des Corps.* Gallimard, Paris (1995)
12. I. Newton (trad. M.F. Biarnais): *De la gravitation ou les fondements de la mécanique classique.* les belles lettres, Paris (1985)
13. I. Newton: *Philosopiae Naturalis Principia Mathematica.* London 1687 (2^{nd} ed. 1713; 3^{rd} ed. 1726); trad. engl. A. Motte (1729), rev. and ed. F. Cajori, Berkely; University of California Press, 1934, (re-ed. 1962)
14. M. Paty: *Sur l'histoire du problème du temps. Le temps physique et les phénomènes.* I. E. Klein et M. Spiro:*Le temps et sa fléche,* Edition Frontiéres, Paris (1994)
15. O. Steinsvoll og J. McCauley: *Naturvitenskapelige bommerter i litteraturen.* Fra Fysikkens Verden, **57,** 83–86 (1995)

∞

Kommentar til Simonsens artikkel

Vi står fast ved det vi har skrevet i FFV 3/95, og vil legge til følgende:

Galilei oppdaget den lokale utgaven av treghetsloven, nemlig at et legeme utfører rettlinjet bevegelse med konstant fart når ingen netto kraft er til stede. Overført på planetenes bevegelser rundt sola mente han at disse skjedde fullstendig uten inngrep av krefter, altså bevegelse som ene og alene skyldtes tregheten. (Denne ideen ble utviklet videre av Albert Einstein og seinere også av Élie Cartan.)

Descartes har åpenbart oppdaget treghetsloven uavhengig av Galilei. Han tenkte globalt og antok at den også gjaldt i verdensmålestokk. Descartes innførte derfor ideen om det uendelige univers. Newton var enda forvirret av aristoteliske tanker på det tidspunktet han kunne reprodusere Huygens utledning av den radielle kraftlov (sentralkraft, omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden) for et legeme som beveger seg i en sirkel rundt et annet. Seinere aksepterte han Descartes' globale syn på treghetsloven. Denne utvidete treghetslov kalles nå *Newtons første lov om bevegelse.*

Boka "Sofies verden" framfører et galt syn både på treghetsloven og på Newtons 2. lov, og gir en feilaktig framstilling av hva både Galilei og Newton mente og forsto. Interesserte lesere kan finne spennende framstillinger av det historiske forløpet i referansene (1) og (2). Den historiske utviklingen av energibegrepet er beskrevet i (3).

I "Sofies verden" søker forfatteren å gjenfortelle naturfilosofiens historie og er innom de forskjellige syn som gjorde seg gjeldende til ulike tider. Denne gjennomgangen inneholder feil. Ettersom denne boka er ei ungdomsbok, burde den dessuten føre framstillinga fram til vårt moderne syn på hvordan verden fungerer og ikke stoppe i en slags halv aristotelisk idéblanding. Det etterlater unge lesere med et inntrykk av fysikken som står i sterk motsetning til hva de bør lære på skolen. Descartes bemerket en gang: "Tilhengerne av Aristoteles' syn kom hele tida med det gale spørsmålet. I stedet for å spørre om hvilken kraft det er som får et legeme til å bevege seg, skulle de ha spurt om hvilken kraft skal til for å stoppe bevegelsen!"

Referanser

1. Koestler, Arthur: *The Sleepwalkers. A History of Man's changing Vision of the Universe.* MacMillan Co. (1959)
2. Westfalls, R.S.: *Never at Rest. A Biography of Isaac Newton.* Cambridge Univ. Press (1980)
3. Steinsvoll, Olav: *Energibegrepet i historisk perspektiv.* Fra Fysikkens Verden, **36**, 3–5 (1974)

O. Steinsvoll og J. McCauley

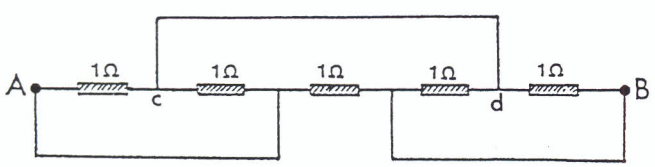
∞

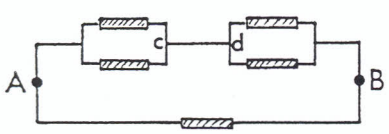
Teorioppgavene i Fysikk-OL

De tre teorioppgavene ved Fysikk-olympiaden i Oslo ble trykket i forrige nummer av Fra Fysikkens Verden. Her kommer et løsningsforslag.

LØSNING OPPGAVE 1

a) Systemet av motstander kan tegnes om slik:





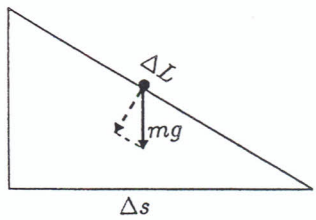
Den nederste figuren viser at motstanden mellom punkt c og punkt A er $0,5\Omega$, og det samme mellom punktene b og B. Motstanden R mellom A og B består derfor av to forbindelser i parallell: Den direkte 1Ω-forbindelsen og en forbindelse som består av to $0,5\Omega$-motstander i serie, med andre ord to 1Ω-forbindelser i parallell. Det gir

$$R = \underline{\underline{0,5\Omega}}.$$

b) For en tilstrekkelig kort horisontal avstand Δs kan løypa betraktes som rett. Dersom den tilsvarende veglengden langs løypa er ΔL så er friksjonskraften gitt ved

$$\mu\, mg\, \frac{\Delta s}{\Delta L},$$

og arbeidet som denne friksjonskraften utfører er kraft ganger veg, lik $\mu\, mg\, \Delta s$.



Ved å addere alle slike horisontale elementer finner vi at det totale arbeid som friksjonen utfører er $\mu\, mg\, s$. Energibevarelse tilsier at dette er lik den potensielle energi mgh som skiløperen taper. Det gir

$$h = \underline{\underline{\mu\, s}}.$$

c) La temperaturøkningen i et lite tidsintervall dt være dT. I løpet av dette tidsintervallet mottar metallet energimengden $P\, dt$. Varmekapasiteten er forholdet mellom tilført energi og temperaturøkning:

$$C_p = \frac{P\, dt}{dT} = \frac{P}{dT/dt}.$$

De eksperimentelle resultatene tilsvarer

$$\frac{dT}{dt} = T_0 \frac{a}{4}[1 + a(t - t_0)]^{-\frac{3}{4}} = T_0 \frac{a}{4}\left(\frac{T_0}{T}\right)^3.$$

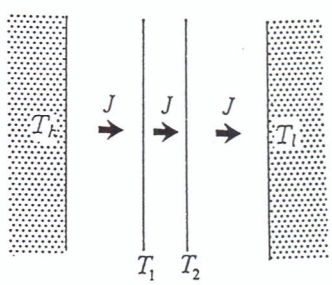
Det gir

$$C_p = \frac{P}{dT/dt} = \underline{\underline{\frac{4P}{aT_0^4}\, T^3}}$$

Kommentar: Ved lave, men ikke ekstremt lave, temperaturer har varmekapasitetene for metaller en slik T^3-avhengighet.

d) Ved stasjonære forhold må netto varmestrøm J være den samme overalt:

$$\begin{aligned} J &= \sigma\,(T_h^4 - T_1^4) \\ J &= \sigma\,(T_1^4 - T_2^4) \\ J &= \sigma\,(T_2^4 - T_l^4). \end{aligned}$$



Ved å addere disse tre likningene får vi

$$3J = \sigma(T_h^4 - T_l^4) = J_0,$$

der J_0 er varmestrømmen i fravær av varmeskjoldet. Altså tar reduksjonsfaktoren $\xi = J/J_0$ verdien

$$\xi = \underline{\underline{\tfrac{1}{3}}}.$$

e) Magnetfeltet kan bestemmes ved overlagring av feltene fra to *sylindriske* ledere, fordi strømmene i overlappområdet kansellerer. Hver av de sylindriske lederne må føre en større strøm I', bestemt slik at brøkdelen I av denne går gjennom det virkelige tversnittet (det måneformede arealet). Forholdet mellom strømmene I og I' er lik forholdet mellom tverrsnittene:

$$\frac{I}{I'} = \frac{(\frac{1}{12}\pi + \frac{1}{8}\sqrt{3})D^2}{\frac{1}{4}\pi D^2} = \frac{2\pi + 3\sqrt{3}}{6\pi}.$$

Inne i en sylindrisk leder som fører en strøm I' (jevnt fordelt over tverrsnittet) gir Ampères lov et tangentielt felt

$$B_\varphi = \frac{\mu_0}{2\pi r} I' \frac{\pi r^2}{\frac{1}{4}\pi D^2} = \frac{2\mu_0 I'}{\pi D^2} r$$

i avstanden r fra sylinderaksen. De kartesiske komponentene av dette er

$$B_x = -B_\varphi \frac{y}{r} = -\frac{2\mu_0 I'}{\pi D^2} y; \qquad B_y = B_\varphi \frac{x}{r} = \frac{2\mu_0 I'}{\pi D^2} x.$$

Når vi overlagrer bidragene fra hver leder må vi huske at strømmene er $\pm I'$ og at de sylinderaksene ikke ligger i origo, men i $x = \mp D/4$.

De to x-komponentene adderer seg til null, og y-komponentene gir totalbidraget

$$B_y = \frac{2\mu_0}{\pi D^2}[I'\,(x + \tfrac{1}{4}D) - I'\,(x + \tfrac{1}{4}D)] = \frac{\mu_0 I'}{\pi D}.$$

Innsetting av uttrykket for I' gir så

$$\underline{\underline{B_y = \frac{6\mu_0 I}{(2\pi + 3\sqrt{3})D}}},$$

altså et *konstant* felt inne i hulrommet. Det er rettet langs den positive y-aksen.

LØSNING OPPGAVE 2

a) Energigevinsten i potensialet konverteres til kinetisk energi:

$$eV = \begin{cases} \frac{1}{2}mv^2 & \text{(ikke-relativistisk)} \\ \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - mc^2 & \text{(relativistisk).} \end{cases} \qquad (1)$$

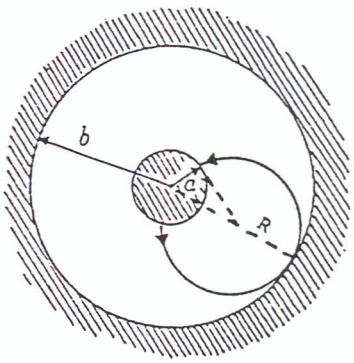
Det gir

$$v = \begin{cases} \sqrt{2eV/m} & \text{(ikke-relativistisk)} \\ c\sqrt{1 - (\frac{mc^2}{mc^2+eV})^2} & \text{(relativistisk).} \end{cases} \qquad (2)$$

b) Når $V = 0$ så beveger elektronet seg i et homogent og statisk magnetfelt. Den magnetiske Lorentz-krafta virker loddrett på hastigheten og elektronet vil bevege seg i en sirkel. Starthastigheten er tangentiell til sirkelen.

Sirkelradien R (syklotron-radien) er slik at Lorentz-krafta er lik sentripetalkrafta: $eBv_0 = mv_0^2/R$:

$$B = \frac{mv_0}{eR} \qquad (3)$$



Figuren viser at i det kritiske tilfellet tilfredsstiller radien R betingelsen

$$\sqrt{a^2 + R^2} = b - R.$$

Ved å kvadrere og løse med hensyn på radien får vi

$$R = (b^2 - a^2)/2b.$$

Magnetfeltet som gir denne radien er ifølge likning (3) lik

$$\underline{\underline{B_c = \frac{mv_0}{eR} = \frac{2bmv_0}{e(b^2 - a^2)}}}.$$

c) At dreie-impulsen endrer seg med tida skyldes at et dreiemoment virker. I dette tilfellet vil den asimutale komponenten F_φ av Lorentz-krafta $\vec{F} = (-e)\vec{B} \times \vec{v}$ gi en dreie-impuls $F_\varphi r$ om origo. På grunn av vektorproduktet er det bare den radielle komponenten $v_r = dr/dt$ av hastigheten som gir en asimutal Lorentz-kraft. Det gir

$$\underline{\underline{\frac{dL}{dt} = eBr\frac{dr}{dt}}}.$$

Ved å skrive dette som

$$\frac{d}{dt}(L - \tfrac{1}{2}eBr^2) = 0,$$

ser en at

$$\underline{\underline{C = L - \tfrac{1}{2}eBr^2}} \qquad (4)$$

er konstant under bevegelsen. Det dimensjonsløse tallet k i oppgaveteksten er altså $\underline{\underline{k = \frac{1}{2}}}$.

d) Konstanten C i likning (4) har samme verdi på overflata av den indre sylinderen og ved maksimalavstanden r_m:

$$C = 0 - \tfrac{1}{2}eBa^2 = mvr_m - \tfrac{1}{2}eBr_m^2.$$

Det gir

$$\underline{\underline{v = \frac{eB(r_m^2 - a^2)}{2mr_m}}}. \qquad (5)$$

Alternativ løsning: En kan først finne det elektriske potensialet $V(r)$ som funksjon av avstanden. I sylindergeometri faller det elektriske felt av omvendt proporsjonalt med avstanden r fra aksen, så potensialet er logaritmisk, $V(r) = c_1 \ln r + c_2$. Når de to konstantene tilpasses slik at $V(a) = 0$ og $V(b) = V$, fås

$$V(r) = V\,\frac{\ln(r/a)}{\ln(b/a)}.$$

Potensialgevinsten $eV(r_m)$ konverteres til kinetisk energi:

$$\tfrac{1}{2}mv^2 = eV\,\frac{\ln(r_m/a)}{\ln(b/a)},$$

som gir

$$v = \underline{\underline{\sqrt{\frac{2eV}{m}\,\frac{\ln(r_m/a)}{\ln(b/a)}}}}. \qquad (6)$$

(5) og (6) ser ut som to forskjellige svar, men det er bare tilsynelatende. For r_m er ikke en uavhengig parameter, men bestemt av B og V slik at de to svarene er identiske!

e) Når den maksimale avstanden r_m er lik radien b for den ytre sylinderen blir ifølge (5) farten der ute lik

$$v = \frac{eB(b^2 - a^2)}{2mb}.$$

På den annen side er farten også lik $v = \sqrt{2eV/m}$ (siden Lorentz-krafta ikke utfører noe arbeid). Ved å sette disse to uttrykkene for farten lik hverandre fås det kritiske magnetfeltet lik

$$B_c = \underline{\underline{\frac{2b}{b^2 - a^2}\sqrt{\frac{2mV}{e}}}}.$$

f) Lorentz-krafta har ingen komponent parallell med magnetfeltet, og derfor er hastighetskomponenten v_B konstant under bevegelsen. Den tilsvarende forflytting parallelt med sylinderaksen er uten betydning for spørsmålet om å nå fram til anoden.

La v være den asimutale farten helt ute ved anoden for et elektron som akkurat såvidt når fram til anoden. Energibevarelse gir

$$\tfrac{1}{2}m(v_B^2 + v_\varphi^2 + v_r^2) + eV = \tfrac{1}{2}(v_B^2 + v^2),$$

dvs.

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_\varphi^2 + 2eV/m}. \qquad (7)$$

Ved å beregne konstanten C, likning (4), ved begge sylinderoverflater for den kritiske situasjonen, får vi

$$mv_\varphi a - \tfrac{1}{2}eB_c a^2 = mvb - \tfrac{1}{2}eB_c b^2.$$

Innsetting av hastigheten (7) gir det kritiske feltet

$$B_c = \underline{\underline{\frac{2mb}{e(b^2 - a^2)}\left[\sqrt{v_r^2 + v_\varphi^2 + 2eV/m} - v_\varphi\frac{a}{b}\right]}}.$$

LØSNING OPPGAVE 3

a) Med origo i jordas sentrum la tyngdepunktet C være i posisjonen $\vec{l}$. Avstanden l er bestemt av

$$M \cdot l = M_m \cdot (L - l),$$

som gir

$$l = \frac{M_m}{M + M_m}L = \underline{\underline{4{,}63 \cdot 10^6\text{m}}}, \qquad (1)$$

mindre enn R og derfor inne i jorda.

Sentrifugalkrafta må balansere gravitasjonstiltrekningen mellom jord og måne:

$$M\omega^2 l = G\frac{MM_m}{L^2},$$

som gir

$$\omega = \sqrt{\frac{GM_m}{L^2 l}} = \underline{\underline{\sqrt{\frac{G(M + M_m)}{L^3}}}} = \underline{\underline{2.67 \cdot 10^{-6}\text{s}^{-1}}}, \qquad (2)$$

når vi bruker (1) for å eliminere l. (Svaret tilsvarer en periode $2\pi/\omega = 27{,}2$ dager.)

b) Det er tre bidrag til den potensielle energien for massepunktet m:

(1) Potensiell energi pga. rotasjonen,

$$-\tfrac{1}{2}m\omega^2 r_1^2,$$

der $\vec{r}_1 = \vec{r} - \vec{l}$ er avstanden fra C. Dette tilsvarer sentrifugalkrafta $m\omega^2 r_1$, rettet utover fra C.

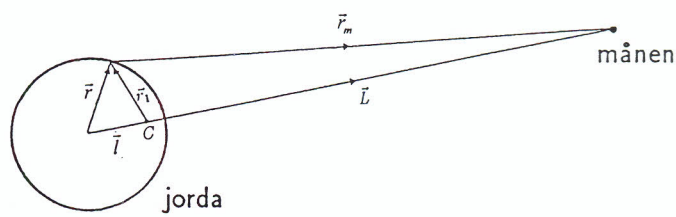
(2) Gravitasjonstiltrekning til jorda, lik

$$-G\frac{mM}{r}.$$

(3) Gravitasjonstiltrekning til månen, lik

$$-G\frac{mM_m}{r_m},$$

der $\vec{r}_m = \vec{L} - \vec{r}$ er avstanden fra månen.



Ved å addere disse tre bidragene til den potensielle energi får vi

$$V(\vec{r}) = -\tfrac{1}{2}m\omega^2(r^2 - 2rl\cos\varphi + l^2) - G\frac{mM}{r} - G\frac{mM_m}{r_m}. \qquad (3)$$

Her er

$$r_m = \sqrt{(\vec{L} - \vec{r})^2} = \sqrt{L^2 - 2Lr\cos\varphi + r^2}$$
$$= L\sqrt{1 + (r/L)^2 - 2(r/L)\cos\varphi}.$$

c) Siden forholdet $r/L = a$ er meget lite kan vi benytte den oppgitte utvikling

$$\frac{1}{\sqrt{1+a^2-2a\cos\varphi}} = 1 + a\cos\varphi + a^2\tfrac{1}{2}(3\cos^2\varphi - 1)$$

i siste ledd i den potensielle energi (3), med resultatet

$$\frac{V(r,\varphi)}{m} = -\tfrac{1}{2}\omega^2 r^2 - \frac{GM}{r} - \frac{GM_m r^2}{2L^3}(3\cos^2\varphi - 1), \quad (4)$$

bortsett fra et konstantledd. Her er det brukt at

$$m\omega^2 rl\cos\varphi - \frac{GmM_m r}{L^2}\cos\varphi = 0,$$

ved hjelp av uttrykket (2) for ω.

Formen på væskeoverflata er slik at et massepunkt har samme energi V *overalt på overflata.* (Det er ekvivalent til å kreve at det i likevekt ikke virker noen krefter tangentielt til overflata.) Ved å sette

$$r = R + h,$$

der tidevannseffekten h er mye mindre enn jordradien R, har vi med god tilnærmelse

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{R}\cdot\frac{1}{1+(h/R)} \simeq \frac{1}{R}\left(1 - \frac{h}{R}\right) = \frac{1}{R} - \frac{h}{R^2},$$

og

$$r^2 = R^2 + 2Rh + h^2 \simeq R^2 + 2Rh.$$

Ved innsetting av dette, og verdien (2) for ω, så får vi

$$\frac{V(r,\varphi)}{m} = -\frac{G(M+M_m)R}{L^3}h + \frac{GM}{R^2}h - \frac{GM_m r^2}{2L^3}(3\cos^2\varphi - 1), \quad (5)$$

igjen på et konstantledd nær. Størrelsen av det første leddet på høyre side av (5) er en faktor

$$\frac{M+M_m}{M}\cdot\left(\frac{R}{L}\right)^3 \simeq 10^{-5}$$

mindre enn det andre leddet, og kan derfor sløyfes. Dersom de to gjenværende leddene kompenserer hverandre, dvs.

$$h = \frac{M_m r^2 R^2}{2ML^3}\left(3\cos^2\varphi - 1\right),$$

så har massepunktet m samme energi overalt på overflata. I dette uttrykket kan r^2 trygt erstattes med R^2, og vi får fasongen på tidevannsbølgen:

$$\underline{\underline{h = \frac{M_m R^4}{2ML^3}\left(3\cos^2\varphi - 1\right).}}$$

Den største verdien $h_{max} = M_m R^4/ML^3$ oppnås for $\varphi = 0$ eller π, i retning av månen eller i motsatt retning. Den minste verdien $h_{min} = -M_m R^4/2ML^3$ svarer til $\varphi = \pi/2$ eller $3/\pi 2$. Forskjellen mellom høyvann og lavvann er derfor

$$\underline{\underline{h_{max} - h_{min} = \frac{3M_m R^4}{2ML^3} = 0,54\text{m}.}}$$

(Verdiene for høyvann og lavvann er bare bestemt på en additiv konstant nær, men differansen er naturligvis uavhengig av hvor h måles fra.)

Per Chr. Hemmer

∞

Reisebrev fra Israel

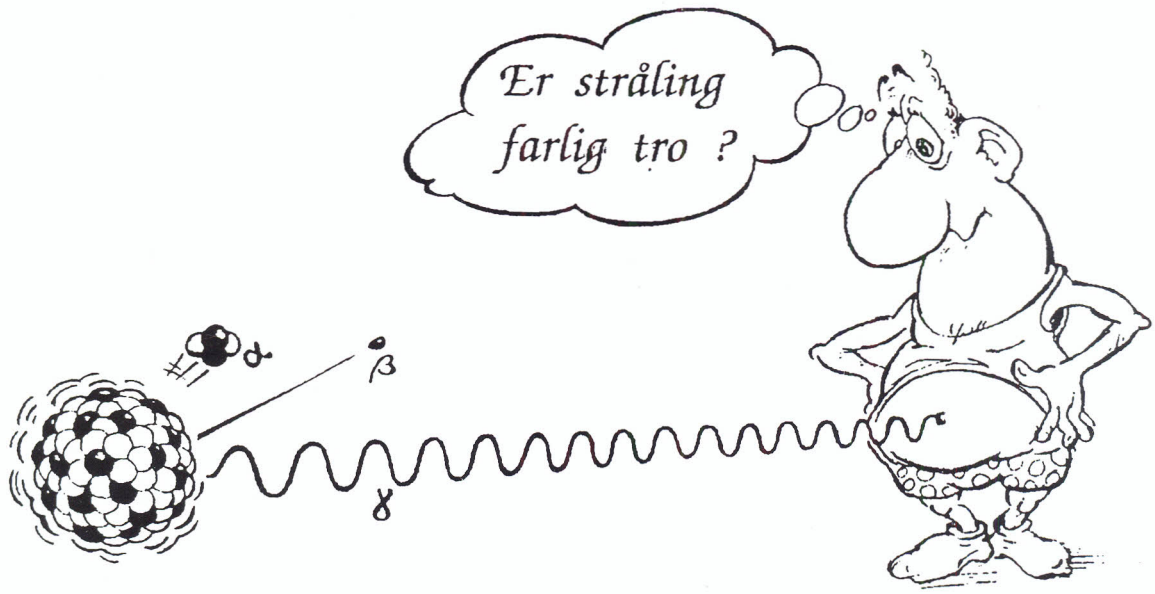
Inntrykk fra "International Conferance on Radiation and Health," Beer Sheva, Israel, 3–7. november, 1996.

Siden jeg har laget en bok med tittelen "Stråling og Helse", var det naturlig at jeg reiste til Beer Sheva for å delta på denne kongressen. Det viste seg at den i hovedsak dreide seg om Tsjernobyl. Hvis noen undrer seg på hvorfor en kongress om Tsjernobyl legges til Israel, er svaret at i løpet av de siste 6 år har omkring 700 000 personer fra den tidligere Sovjetuinionen innvandret til Israel. Av disse kommer omtrent 140 000 fra de områdene i Ukraina, Hviterussland og Russland, som ble rammet av Tsjernobyl-ulykken. Beer Sheva, nord i Negev-ørkenen, er et immigrasjonssenter. Ved Ben Gurion universitetet, der kongressen ble holdt, har de satt igang både fysiske og medisinske studier av den eksponerte gruppen.

Konferansen omfattet ca. 120 deltagere, og jeg var eneste skandinav. Ca. 25 % av deltagerne kom fra det tidligere Sovjet, og blant dem var Angelina Guskova som blant annet tok seg av pasienter med akutt strålesyndrom etter Tsjernobyl. Konferansen var støttet av WHO og IAEA.

Kreft

Elisabeth Cardis, som leder programmet om "Radiation and Cancer" ved "International Agency for Research on Cancer" i Lyon i Frankrike, summerte opp de resultater en til nå har når det gjelder kreft i forbindelse med Tsjernobyl-ulykken. Bortsett fra den dramatiske økningen i skjoldbruskkjertelkreft hos barn i de eksponerte områdene, er det ikke funnet noen signifikant økning i andre kreftformer. Det er betydelige studier i gang som vil gi nærmere



kunnskap om dette. De grupper en kan studere er: 1) "Clean-up workers", eller de såkalte "Liquidators", 2) De ca. 135 000 som ble evakuert og 3) De som bor i de forurensede områdene (nærmere 4 millioner). Et forurenset område betyr en Cs-137 forurensning på mer enn 1 Ci/km^2 (tilsvarer 37 000 Bq/m^2). Denne grensen er nok altfor lav når vi minner om at en her i Norge kom opp i et Cs-137 nedfall på omkring 100 000 Bq/m^2.

Et helt avgjørende punkt i alle studier om stråling og helse, er stråledosen. Helsen kan studeres til enhver tid etter en ulykke, men stråledosen er det langt vanskeligere å få informasjon om. Det er en nesten uoverkommelig oppgave å rekonstruere forholdene og bestemme stråledosen. Det gjelder både enkeltpersoner og grupper. Når det gjelder de som bor i forurensede områder, har de fått en liten ekstradose på opptil 20 mSv allerede, og via modeller kan vi beregne den forventede livstidsdosen. Det er både en ekstern (γ-stråling) og en intern dose en må bestemme. Den interne skyldes forurensede matvarer. I den sammenheng kan nevnes at i Israel målte de, ved hjelp av helkroppstellere, Cs-137 innholdet i mange av dem som kom fra de forurensede områdene. Resultatet av disse målingene var et midlere innhold på 3–5 Bq/kg kroppsvekt. Dette er jo helt ubetydelig (samene i Finmark hadde omkring 600 Bq/kg i midten av 1960-årene).

Den gruppe hvor en muligens vil få se en viss kreftøkning, er blant de mange "cleanup workers". Det var interessant å høre om hvor mange studier som nå er i gang, og om det arbeid som nedlegges for å få et dose-estimat. Det er "liquidators" i alle de tidligere Sovjet-statene. For eksempel studerer man i Estland en gruppe på ca. 5000 som har fått doser fra 80 til 250 mSv. Denne gruppe av "cleanup workers" ble delt inn i undergrupper etter hvor nær reaktoren de hadde jobbet, og når og hvor lenge de hadde jobbet der. Noen få hadde filmdosemeter. Andre grupper hadde et dosemeter der de jobbet, og da ble dosen til gruppen beregnet etter dette.

Disse studiene er på langt nær avsluttet, og vi kan vente oss resultater etter hvert. Ut fra de prinsipper ICRP bruker om lineær doseeffekt-kurve uten terskel, var det forventet omkring 500 tilfeller av leukemi. Det er derfor litt forunderlig at en til nå (10 år etter) ikke har funnet noen økning i noen kreftformer bortsett fra skjoldbruskkjertelkreft.

Skjoldbruskkjertelkreft

Det har vært en dramatisk økning i denne kreftformen hos barn. Det startet 4 til 5 år etter ulykken, i første rekke i Hviterussland. Senere har det vært en klar økning også i Ukraina og i deler av Russland. Til nå er det registret ca. 600 tilfeller, hvorav 3 personer er døde. Det kan se ut som om toppen er nådd for nye tilfeller, men en antar at det totalt vil komme opp i noen tusen tilfeller (ca. 3000).

Vi tror at disse tilfellene skyldes stråling fra inntak av I-131 i den første tiden (april – mai 1986) etter ulykken. I-131 sender ut en β-partikkel med midlere energi på 0,2 MeV (maks. 0.6 MeV) og γ-stråling med energi på 0,36 MeV. Halveringstiden er bare 8 dager, slik at et halvår etter ulykken var så godt som alt dette borte. Hvordan skal vi nå i ettertid kunne rekonstruere utslippet og beregne dosene? Dette er en krevende oppgave hvor mange er engasjert. Av de problemer som bør nevnes, er

at de områder det gjelder er stort sett fattige på naturlig jod. Vi har i flere år benyttet I-131 i medisinsk sammenheng uten at det har ført til skjoldbruskkjertelkreft. Noen har derfor mistanke om at også andre jod-isotoper med enda kortere halveringstid, kan spille en rolle. Dosene det dreier seg om må være av størrelsesorden 1 Gy, eller mer.

I forbindelse med bombene i Hiroshima og Nagasaki har aldri fisjonsproduktene spilt noen rolle. Der var det γ-stråling og nøytroner som ga akutte stråledoser. Skjoldbruskkjertelsykdommer ble ikke registrert.

I lys av de funn som er gjort i forbindelse med Tsjernobyl, har nå en gruppe i USA satt i gang studier for å se om det er noen helseeffekter i forbindelse med jodutslipp fra Hanford Nuclear Site (The Hanford Thyroid Disease Study). I årene 1944 til 1957, ble det sluppet ut radioaktivt jod til atmosfæren, beregnet til ca. 740 000 Ci ($2,7 \cdot 10^{16}$ Bq), eller omkring 10 % av Tsjernobyl-utslippet. En er nå interessert i å se om det er noen skjoldbruskkjertelsykdommer hos de som var unge og som bodde rundt anlegget i den perioden. Ved hjelp av fødselsregistre har en funnet en gruppe på 5200 som bodde i området for 40 til 50 år siden. Litt mer enn 4000 av disse er fortsatt i live, og de aller fleste av dem som er kontaktet, er villige til å være med på prosjektet. Resultatene vil vi først få i 1998. Igjen vil det bli dosebestemmelsene som blir flaskehalsen. Uten skikkelige dosebestemmelser er det håpløst å komme frem til betydningen av stråling, og det vil særlig være vanskelig å kunne si noe om risikoen.

Det ble lagt frem flere arbeider der en diskuterte ulike metoder til dosebestemmelse i forbindelse med ulykker. Disse kommer jo uten varsel, og folk bruker ikke dosemetre til daglig. Det en må satse på er å finne frem til varige forandringer. En slik relativt stabil forandring er dannelsen av frie radikaler i fast materiale. På Fysisk institutt på Blindern, brukte vi ESR og studerte stråleinduserte radikaler i tabletter av nitroglyserol til dosebestemmelse i forbindelse med Kjeller-ulykken i 1982. ESR var også brukt i forbindelse med Tsjernobyl-ulykken og dosen ble bestemt ut fra radikaldannelse i tannemalje. Svakheten ved metoden er sensitiviteten, fordi stråledosene må være store før metoden kan anvendes.

En annen metode som ble livlig diskutert, var observerbare kromosomendringer. En tar en blodprøve og bruker lymfocytter som "trigges" til å dele seg. I mitosefasen (metafasen) høster en kromosomene og studerer de forandringer som har oppstått. Det er én type forandringer som en mener er ganske stabil, og det er de såkalte translokasjoner. Studiet av disse kan gi informasjon om dosen. Svakheten ved alle disse metodene er at de ikke er egnet for doser i mSv-området, som såvidt er større enn dosene fra den naturlige bakgrunnstrålingen. Og for de aller fleste som ble bestrålt i forbindelse med Tsjernobyl-ulykken, var ekstradosen nettopp i dette området. Det er også grunnen til at en konkluderer med at en vil neppe finne noen signifikant økning i krefthyppighet blant de ca. 4 millioner som kommer fra de forurensede områdene.

Psykiske skader

Et område som det er vanskelig for en fysiker å uttale seg om, er alle de psykososiale problemer som er kommet i kjølvannet av Tsjernobyl. Det var flere innlegg som tok for seg slike problemer hos en rekke ulike grupper. Det var grupper som arbeidet i forurensede områder (liquidators), folk som bodde i områder med forurensning, immigranter til Israel, osv. Det syntes ikke å herske tvil om at det er de psykososiale problemene som representerer den største effekten av ulykken.

Hva er det så som karakteriserer disse problemene? De aller fleste klager går på hodepine, svimmelhet, tretthetsfølelse, dårlig konsentrasjonsevne, tap av hukommelse, irritabilitet, engstelse og frykt, tretthet overfor fysisk og mental aktivitet, følelse av håpløshet, følsomhet overfor høye lyder osv. Det er også registrert høyt blodtrykk, økning i hjertesykdommer, alkoholisme, og til og med økning i selvmordsforsøk. Det er flere ulike grupper som er undersøkt, og det ser ut til at en finner igjen det samme mønster hos alle.

Det er dog en gruppe som kommer i en særstilling, og det er de som ble utsatt for store akutte stråledoser slik at de fikk det en kaller "akutt strålingssyndrom". Dette var militære og ansatte på anlegget som før ulykken var friske og helt arbeidsføre. Mange av disse har nå fått fordøyelsesproblemer og nedsatt fysisk og mental helse, slik at de har betydelig nedsatt arbeidsevne.

Konklusjon

Det var også en rekke mer rent strålebiologiske diskusjoner som foregikk på denne kongressen, men konklusjonen var temmelig entydig: Bortsett fra skjoldbruskkjertelkreft, er det ingen økning i forekomst av leukemi eller faste svulster blant befolkningen 10 år etter ulykken. Det foregår for tiden

en lang rekke undersøkelser av grupper av "liquidators", og disse kan kanskje gi oss mer informasjon om stråling og helse. Usikkerheten vil utvilsomt være dosebestemmelsen, og her kan kanskje fysikerne bidra med noe.

Det er de psykososiale problemer som er blitt den største belastningen etter Tsjernobyl-ulykken. Jeg satt igjen med den helt bestemte følelsen av at det er informasjon verden trenger. Dette er et fagområde som omfatter flere disipliner, og det er behov for informasjon fra en faggruppe til en annen. Det var stadig en stor overraskelse å se hvor lite strålingsfysikk mange medisinere og biologer kunne, og kanskje undret de seg over hvor lite biologi og medisin vi kunne. Informasjon mellom faggruppene er en oppgave som vi bør ta alvorlig, men det er ikke det viktigste. Det aller viktigste er etter min oppfatning, at vi kan komme frem med informasjon til publikum, til Kari og Ola i Norge, og til folk i ethvert land. Vi lever jo i et "hav" av stråling, og de stråledoser vi får fra bakgrunnstrålingen er gjerne større enn de som skyldes kjernekraftulykker og bombeprøver. Det bør være en målsetting for vårt skolesystem å gi nøktern informasjon om strålingsfysikk, og om "Stråling og Helse".

Thormod Henriksen

∞

Nobelprisen i fysikk -96

Årets Nobelpris i fysikk ble tildelt David M. Lee (Cornell University), Douglas D. Osheroff (Stanford University) og Robert C. Richardson (Cornell University) for oppdagelsen av superfluiditet i helium-3.

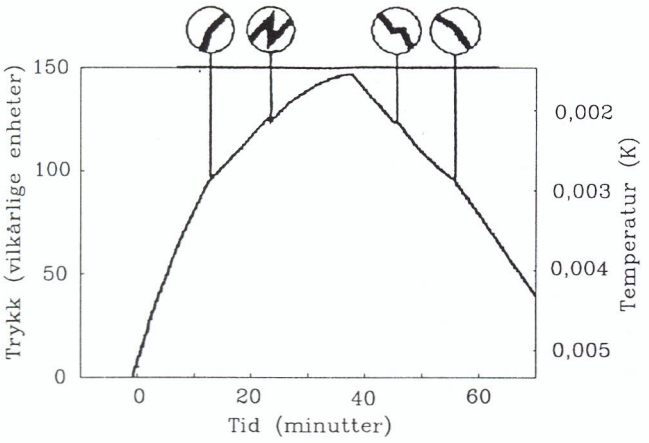
Som de fleste av oss er vel kjent med, er helium den enkleste av edelgassene, med to protoner i kjernen og to elektroner i en 1*s*-orbital rundt kjernen, i grunntilstanden. Atomet er noe av det nærmeste man kommer en "atomær biljardkule". Det finnes i to stabile varianter: En med kun ett nøytron i kjernen, og en med to nøytroner, hhv. helium-3 og helium-4. Helium-3 kjernen har ett uparet spinn og helium-4 kjernen er uten. Det førstnevnte er dermed et fermion og det sistnevnte et boson, og er også den avgjort vanligste varianten av helium i naturen. Selv om begge systemer er edelgasser, gjør den resulterende forskjellen i *partikkelstatistikken* til disse to systemene at de har dramatisk forskjellige makroskopiske, statistisk-mekaniske, egenskaper. Ideelle (dvs. ikke-vekselvirkende) bosoner føler en effektiv tiltrekning pga. Bose-statistikken (bosoner "liker" hverandre bedre enn klassiske partikler), mens ideelle fermioner føler en brutal hard-kjerne frastøtning via Pauli-prinsippet (fermioner "orker ikke synet av hverandre"). Dette resulterer i helt ulike lavtemperaturegenskaper for helium-3 og helium-4.

Ved 4,2 K blir helium-4 flytende. Det har vært kjent siden slutten på 1930-tallet at når helium-4 kjøles videre ned til 2,2 K, skjer dramatiske ting: Viskositeten til systemet forsvinner! Dersom man rører rundt i en balje med helium-4 ved temperaturer under 2,2 K, vil væsken fortsette å rotere uten ytre påvirkning, i ca. 100 000 år eller mer. Helium-4 blir en *superfluid* væske ved 2,2 K. Noe tilsvarende er ikke observert for helium-3, og forklaringen må ligge i forskjellen på Bose- og Fermi-statistikken for de to systemene. Helium-3 syntes lenge å være en total "grønnsak" ned til de laveste tilgjengelige temperaturer. Det inntrykket skulle etter hvert forandre seg adskillig med nye kjølingsteknikker som tillot temperaturer ned til milliKelvin-området å bli nådd.

Årets nobelprisvinnere var alle ved Cornell University i den perioden deres prisbelønnede arbeid ble utført, rundt 1970. De arbeidet innen lavtemperatur-eksperimentalfysikk, som Cornell har en sterk tradisjon i. Professorene David Lee og Bob Richardson var seniormedlemmene i forskningsteamet, og Doug Osheroff var doktorstudenten på prosjektet. Det som de i utgangspunktet prøvde å undersøke, var om det fantes antiferromagnetiske ustabiliteter i helium-3 ved lave nok temperaturer, dvs. om de uparede *kjernespinnene* i helium-3 kjernene kunne ordne seg magnetisk i helium-3 'is'? (Elektronspinnene er parede etter Hunds regel.) På grunn av kjernenes store masse, vil den effektive magnetiske koblingen mellom kjernene bli liten, slik at en eventuell magnetisk ordningstemperatur forventes å bli ekstremt lav. Målingene bestod i å finne trykket i helium-3 væsken som funksjon av temperaturen.

Dersom noen spør seg hvorfor *studenten* på prosjektet også fikk del i prisen, er svaret følgende: Doug Osheroff har fått æren av å ha oppdaget en ørliten diskontinuitet i målekurven ved en bestemt

temperatur (se figuren). Som den talentfulle forsker han var, innså han at siden denne detaljen tross alt var reproduserbar og lå utenfor støyen i målingene, måtte den ha en eller annen signifikans! De publiserte sitt arbeid i Phys. Rev. Lett. Vol. 28, 885 (1972), og tolket opprinnelig diskontinuiteten i trykk–temperatur-kurven som en magnetisk ustabilititet.



Det ble raskt klart at det ikke dreide seg om en magnetisk overgang. I en rekke andre publikasjoner, nesten umiddelbart etter den opprinnelige, ble den riktige tolkningen av den nokså diminutive diskontinuiteten gitt: Helium-3 blir, til tross for den hardhendte Pauli-frastøtningen ved korte avstander, et superfluid uten indre friksjon ved ca. 2 milliKelvin! Siden det ikke finnes noen effektiv attraksjon mellom helium-3 partiklene, som for helium-4, blir det superfluide kondensatet mer komplisert enn bare et "nøytralt BCS-superfluid", slik tilfellet er for helium-4.

Helium-3 er prototypen på det som kalles et "tungt fermion-system", dvs. et fermion-system som pga. korrelasjonseffekter har partikler med "tung" effektiv masse. Egenskapene til disse systemene er i mange henseende ikke forstått. Hvordan det enkle helium-3 systemet blir et superfluid, er fortsatt et mysterium. At ordensparameteren for det superfluide kondensatet i helium-3 er mye mer komplisert enn for de "gamle" BCS-superlederne, og mer komplisert enn for de "nye" høytemperatur-superlederne, hersker det imidlertid liten tvil om. (Det er også en annen viktig forskjell: Helium-3 er ladningsnøytralt, mens de klassiske BCS-superlederne og de nye høytemperatur-superlederne, er ladede superfluider med radikalt forskjellige elektromagnetiske egenskaper. Men det er en annen historie.)

Det er virkelig forbløffende og fortrøstningsfullt, at selv et av naturens enkleste mangepartikkelsystemer fremviser så kompliserte egenskaper som helium-3 gjør. Det er lite trolig at forskere i kondenserte fasers fysikk generelt, og i sterkt korrelerte fermion-systemer spesielt, blir arbeidsledige med det første.

Asle Sudbø

∞

Bokomtale

Roger Penrose: Shadows of the Mind. Vintage paperback, 1995 (421 sider) 107 kr.

Roger Penroses intellektuelle korstog

I *Shadows of the Mind*, først publisert i 1994, fullfører professor Roger Penrose det intellektuelle korstog han innledet med *The Empereror's new Mind* i 1991. Jeg refererer heretter til disse bøkene som SOM og ENM.

Penrose er professor i matematikk ved Oxford-universitetet, og har også arbeidet med teoretisk fysikk. Han har vunnet mye akademisk heder, blant annet fikk han i 1988 Wolf Prize som han delte med Stephen Hawking, for deres felles bidrag til vår forståelse av universet.

Populærvitenskap for de oppegående

ENM og SOM er for det første en skikkelig kraftanstrengelse for å bringe noen store erkjennelser i matematikk og fysikk ut til en litt bredere skare. ENM har f.eks. fascinerende kapitler om matematisk beregnbarhet (computability), om fraktaler og kaos, om kvantefysikk og om Einsteins gravitasjonsteori. Hvert av disse kapitlene kan leses hver for seg, og gir da en velskrevet innføring i disse emnene.

Men lettlest er dette slett ikke! Penrose stiller store krav til sine lesere. Dette er populærvitenskap for folk med sterk fordøyelse, og gjerne doktorgrad. Men belønningen står i stil. Penrose åpner det ene glitrende smykkeskrinet etter det andre. Hans to bøker bygger en helhet som nesten kan gi en religiøs opplevelse.

Et korstog på to fronter

Populærvitenskap er nemlig ikke det viktigste. Den er bare et middel til å nå leserskaren. Bøkene har nemlig en lynende klar *misjon* i to deler.

(a) De utgjør et tungt innlegg i den pågående diskusjon om den menneskelige hjerne kan anses som ekvivalent med en datamaskin. Penroses svar er, *nei*, og i SOM mener han at han *beviser* dette!

(b) Penrose hevder videre at naturvitenskapen mangler et grunnleggende element for å forstå og beskrive hjernen og den menneskelige bevissthet. Han hevder at svaret ligger i foreningen av kvantemekanikk og gravitasjon, og gir klare anvisninger for hvor fysikeren bør lete etter løsninger. Jeg skal kommentere misjonens to deler etter tur.

Er tenkende vesener som datamaskiner?

Utviklingen av datamaskiner går i et halsbrekkende tempo. En egen gren av informatikken arbeider med kunstig intelligens (Artificial Intelligence, AI). De beste sjakkprogrammene spiller nesten jevnt med verdensmesteren, og vil slå ham om 4–8 år. Hvor er vi om 100 år? Mange av dem som arbeider med AI, anser at datamaskiner etter hvert kan overta *alle* funksjoner i den menneskelige hjerne. Dette reiser mange spørsmål innen f.eks. etikk, moral og jus.

Penrose *beviser* at den menneskelige hjerne og bevissthet prinsippielt og alltid vil være noe mer enn en hvilken som helst datamaskin. Beviset bygger på Kurt Gødels berømte ufullstendighetsteorem. Hovedtrekkene er som følger.

Før Gødel kom på scenen, trodde matematikerne at de kunne "lukke" matematikken. De antok at i et formelt system med passende aksiomer og regler, ville alle lovlige matematiske utsagn enten kunne bevises eller motbevises (vises å være gale). Gødel beviste at det *ikke finnes* noe slikt lukket system. I følge Gødels teorem vil det i ethvert formalsystem alltid finnes utsagn som verken kan bevises eller motbevises. Professor Penrose bygger videre på Alan Turings banebrytende arbeid innen informatikken. Alle datamaskiner kan anses å være Turingmaskiner. De kan bare utføre oppgaver som er såkalt *beregnbare*, et grunnleggende begrep.

Selv er jeg ikke matematiker. Jeg håper at de av leserne som er det, vil vise overbærenhet hvis jeg mister noen nyanser. Penroses logikk er at Gødels teorem i seg selv ikke er beregnbart, i likhet med en del andre teoremer i matematikken. Følgelig kan ikke den menneskelige hjerne, som har klekket ut disse teoremene, være ekvivalent med noen datamaskin. Penrose formulerer dette slik: *Menneskelige matematikere bruker ikke (bare) verifiserbart sunne, etablerte (knowably sound) algoritmer for å etablere matematisk sannhet.*

Det har rast tunge diskusjoner rundt Penroses utsagn de siste årene. Boka hans fanger opp 20 innvendinger eller motargumenter. Hver av disse behandles, og ekspederes ut over sidelinjen, slik denne leser forstår det.

Penroses bevis betyr at den menneskelige hjerne nødvendigvis må kunne utføre ikke-beregnbare prosesser. Nettverket av nerveceller (neuroner) er derfor ikke ekvivalent med noe datanettverk. Dette utgjør bokas Del I, 200 kompakte sider.

Hva trengs for beskrive bevissthet?

Bokas Del II fokuserer på hva naturvitenskapen *mangler* for å beskrive bevissthet (sjel?).

Penrose bruker tid på de såkalte Einstein–Podolsky–Rosen-paradoksene (EPR). Disse er nå eksperimentelt verifisert, og viser at kvantemekaniske sammenhenger gjelder over store avstander i tid og rom. Han dveler videre ved en del av fysikken som han anser som uferdig, nemlig overgangen fra kvantemekanisk mikronivå til makroskopisk fenomen. La oss ta eksemplet med Schrødingers katt. Katten er innelukket i et kammer. En mekanisme som kan drepe katten, er koplet til en Geiger-teller som utløses f.eks. av radioaktiv desintegrasjon av en enkelt atomkjerne med passende halveringstid. Så lenge vi ikke har kikket inn i boksen, eller vet noe om Geigertelleren, er katten ifølge kvantemekanikken, i en blandet tilstand av død og levende. Det er først når vi kikker inn i boksen, at bølgefunksjonen kollapser og den ene muligheten utelukkes. Penrose sier dette er tull. Et makroskopisk objekt, en katt, kan ikke være i en slik tilstand. Han antar at svaret ligger i en forening av kvantemekanikk og gravitasjon. Han gir et grovt kriterium som skiller den *mikroskopiske* verden, hvor den kvantemekaniske usikkerhet dominerer (superposisjon) fra den *makroskopiske*. Kriteriet involverer den ekstra gravitasjonsenergi som kreves for å opprettholde to kvantemekaniske tilstander samtidig. Tallmessig gir kriteriet en gråsone-overgang fra kvantemekanisk til makroskopisk oppførsel rundt lengdeskalaer på kanskje 1–100 nanometer. En "katt" som er 10 nanometer lang, ville kunne være halvt levende og halvt død ganske lenge!

Hva har så dette å gjøre med den menneskelige bevissthet? Penrose anvender sitt kriterium på nerveceller. Det enkelte neuron er så stort at det må anses som makroskopisk. Men det har en indre struktur som involverer lengdeskalaer på 1–100 nanometer, blant annet såkalte mikrotuber. Disse elementene er mindre enn Penroses krierium.

Han antar at de vil kunne utvise kvante-koherens, som vil kunne koples videre til nabotubene og til hele neuroner. Dermed vil hele nervesystemet, og den menneskelige bevissthet, få et islett av kvantemekanisk koherens.

Implikasjoner

Penrose har skissert et fabelaktig arbidsprogram for ærgjerrige fysikere og biologer. *Fysikerne* går til Penroses dekkete bord: De må etablere koplingen mellom gravitasjon og den vanlige kvantemekanikk. (Rett nok et område der teoretikerne har dunket hodet i veggen i årtier.) *Biologene* inviteres til å studere nervecellenes indre struktur i alle typer organismer og etablere bevis for Penroses antagelser. Mens *informatikerne* er satt på sidelinja!

Anta at Penrose har rett og at den menneskelige bevissthet kan beskrives og forstås langs de linjer han skisserer. Vil dette gavne menneskeheten? Min intuisjon sier: slett ikke. Tvert imot vil et slikt gjennombrudd trolig føre til muligheter for manipulasjon som vil få Orwells skrekkvisjon 1984 til å blekne. Men dit er det langt fram, og bøkene til Penrose er noe av det mest besettende jeg har lest på lenge.

Hugo Parr

∞

STUDÉR
FYSIKK!

Nye Doktorer

Ragnhild Halvorsrud

Cand.scient. Ragnhild Halvorsrud forsvarte 7. juni sin avhandling *Probing the contraction rythm in Physarum plasmodia with weak electrical signals*, for dr.scient.-graden ved Universitetet i Oslo. Arbeidet har vært utført ved Fysisk institutt under programmet "Kooperative fenomener", og er nært knyttet til biofysikk.

Bevegelse er en fundamental egenskap hos de fleste celler enten de forandrer form eller forflytter seg fra et sted til et annet. Dette fagområdet går under betegnelsen *cell motility* og representerer et viktig, men forholdsvis dårlig forstått aspekt innenfor biologi.

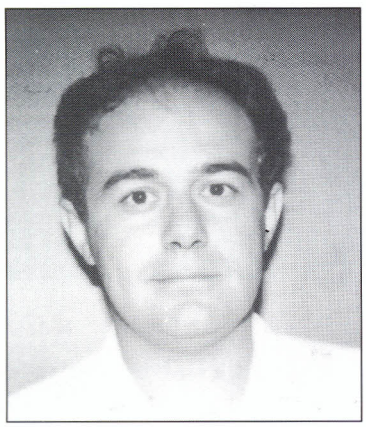
Physarum er en makroskopisk celle som har vært mye brukt i studier av cellebevegelser. Den har et bevegelsesmønster som kan sammenliknes med de rytmiske kontraksjonene av hjertemuskelen. Bevegelsene er blitt studert ved å dyrke cellene på elektroder av gull eller platina. Prinsippet bak denne type målinger er at cellens bevegelse forårsaker forandringer i den elektriske spenningen mellom elektrodene. På denne måten er cellen et passivt element i målingene, og de elektriske signalene er så svake at de ikke påvirker cellen i noen målbar grad. Denne metoden gjenspeiler cellebevegelser med en presisjon som er langt bedre enn det som er mulig med et optisk mikroskop.

En viktig del av arbeidet har vært å utvikle måleteknikker som gjør det mulig å foreta langvarige målinger uten å skade cellene. De fleste tidligere arbeider med Physarum har vært av en

kvalitativ natur. Arbeidet i denne avhandlingen har miske bevegelsene. De viktigste resultatene omfatter sammenhengen mellom bevegelsene og mitosen (kjernedeling), effekten av forskjellige fysiske og kjemiske påvirkninger, og hvordan vekstmønsteret avhenger av næringsinnholdet i substratet.

∞

Kambiz Iranpour



Cand.scient. Kambiz Iranpour disputerte 4. juni 1996, for dr.scient.-graden ved Universitetet i Oslo, med avhandlingen *Signal Processing and Statistical analysis of space-based measurements.* Det foreliggende arbeidet baserer seg på data fra rakettoppskytninger fra Andøya og Kiruna.

Arbeidet har omhandlet analyse av data fra raketter som var instrumenterte med multiprobesystemer for å bestemme fasehastigheten til elektrostatiske fluktuasjoner i E-regionen i ionosfæren (90–130 km høyde) over Nord-Skandinavia. Tostrøms-instabilitet og gradientdrift-instabilitet, kan forårsake bølgefenomener i områder der konduktiviteten er høy på grunn av partikkelnedbør. Gradienter i partikkeltetthet sammen med elektriske felt, kan også eksitere bølger. Analysen resulterte i funn av en dispersjonsfunksjon for disse dataene. Moderne spektralmetoder (som autoregressive) ble benyttet for å studere spektrale egenskaper til elektrostatiske fluktuasjoner i E-regionen. Resultet av disse analysene viste en harmonisk generasjon av bølger. Høyere ordens statistiske metoder og høyere-ordens spektralanalyse (som bispektre), ble benyttet for å undersøke fase–fase kobling mellom forkjellige bølgemoder. Både parametriske og ikke-parametriske metoder ble benyttet. Disse resultatene peker mot en modell der energien transporteres fra lavfrekvente fluktuasjoner til fluktuasjoner med høyere frekvens og mindre bølgelengder.

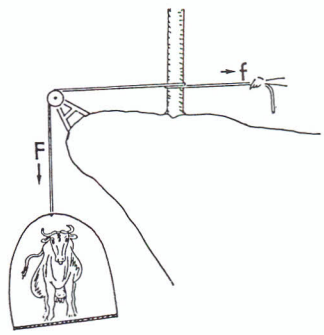
Arbeidet er utført ved Gruppe for plasma- og romfysikk ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, under veiledning av professorene Hans Pècseli og Jan A. Holtet. Kambiz Iranpour er født i Iran og kom til Norge i 1984. Han ble cand.scient. i 1991, med oppgave i måleteknikk, og arbeider fortsatt ved Fysisk institutt, UiO.

∞

Trim i FFV

FFVT 4/96

Ved å legge et tau en eller flere omganger rundt en stolpe kan en, som figuren viser, takle store belastninger. Når friksjonskoeffisienten mellom tau og stolpe er μ, og du vinder tauet n ganger rundt stolpen, hvor stor kraft f må du yte for å holde igjen en kraft F?



Løsning FFVT 2/96

Et kuleskall ruller på et horisontalt gulv, treffer en hard loddrett vegg, spretter tilbake og treffer gulvet under en vinkel α som skal finnes. Elastisk støt og ingen gliing er forutsatt. Oppgaven er spesiell i den forstand at ingen tall er oppgitt, likevel skal vinkelen tallfestes!

La kuleskallet ha masse M, radius R, og la rotasjonsaksen peke i z-retning. La oss først finne treghetsmomentet I med hensyn på en akse gjennom sentrum. Hvis vi tenker oss massen oppdelt i masseelementer m_i så er treghetsmomentet

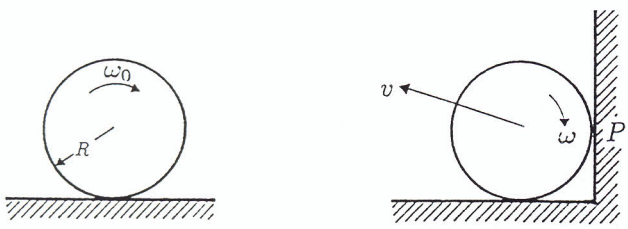
$$I = \sum_i m_i(x_i^2 + y_i^2).$$

Dersom uttrykket i parentesen også hadde inneholdt

z_i^2 ville høyre side vært $R^2 \sum_i m_i = R^2 M$. Siden de tre kartesiske koordinatene er likeverdige, blir treghetsmomentet $\frac{2}{3}$ av dette:

$$I = \tfrac{2}{3} M R^2.$$

La v være farten av tyngdepunktet like etter støtet med veggen, α vinkelen mellom hastighetsvektoren og gulvet, og ω_0, ω vinkelhastighetene henholdsvis før og etter støtet.



Bevarelse av dreieimpuls mhp. P gir

$$I\omega_0 = I\omega + MvR\sin\alpha,$$

mens rotasjon rundt P uten å gli gir den kinematiske betingelsen

$$v\sin\alpha = R\omega. \qquad (1)$$

Eliminasjon av v gir

$$\omega = \frac{I}{I + MR^2}\omega_0 = \tfrac{2}{5}\omega_0,$$

med den funne verdi for treghetsmomentet.

Det gjenstår å bruke bevarelsessetningen for energi:

$$\tfrac{1}{2} I\omega_0^2 + \tfrac{1}{2} M(\omega_0 R)^2 = \tfrac{1}{2} I\omega^2 + \tfrac{1}{2} Mv^2.$$

Innsetting av $\omega_0 = \frac{5}{2}\omega$ gir

$$v^2 = \tfrac{39}{4}(R\omega)^2.$$

Tilslutt gir (1)

$$\sin\alpha = \frac{R\omega}{v} = \frac{2}{\sqrt{39}}.$$

Numerisk blir dette

$$\alpha = 18,7°.$$

I tyngdefeltet vil ballen beskrive en parabel og treffe gulvet igjen under *samme* vinkel.

∞

Hva skjer

Møte i Biofysikk-gruppen

Biofysikk-gruppen av Norsk Fysisk Selskap arrangerer nok en gang et møte på Kongsvoll Fjellstue, denne gangen i dagene 6–8. mars 1997. I tillegg til frie foredrag, hvor det også gis rom for stipendiater og studenter, arbeider vi med å finne foredragsholdere som kan gi oss innblikk i følgende tema: Magnet-enkefalografi og magnet-kardiografi, medisinske og ikke-medisinske anvendelser av nye bildedannende teknikker og kontrastmidler for disse, dosimetri ved hjelp av MRI og ESR, samt 'atomic force microscopy'. Nærmere opplysninger samt påmeldingsskjema, kan fås fra Arne Skretting, Radiumhospitalet, telefon 22934942.

∞

Fysikermøtet 1997

I 1997 er det igjen stavangermiljøet som arrangerer Fysikermøtet i tidsrommet fra 23. til 25. juni. Kontaktpersoner for arrangementet er:

Per A. Amundsen, tlf. 51831877,
e-post: per.a.amundsen@tn.his.no

Gunnar Thorkildsen, tlf. 51831857,
e-post: gunnar.thorkildsen@tn.his.no

En www-hjemmeside er under oppbygging: http://www.hsr.no/~fysikk97 Jan Finjord er ansvarlig for denne. Han kan nås på tlf. 51831862 eller e-post: jan.finjord@tn.his.no

∞

Nytt fra NFS

Fysikklærerforening er stiftet

Norsk Fysikklærerforening ble stiftet 25. juni 1996, under årets fysikermøte i Trondheim.

På Fysikermøtet i Tromsø i 1995, ble det lagt fram en kort utredning om eventuell oppstart av en norsk fysikklærerforening, utarbeidet av Skoganutvalget. Det ble valgt et interimsstyre med følgende mandat fram til Fysikermøtet -96: Legge fram fullstendig forslag til organisasjonsplan og statutter for Norsk Fysikklærerforening. Dette arbeidet ble sluttført i og med stiftelsesmøtet i Trondheim.

Følgende paragrafer noteres fra statuttene:

§ 1 *Navn*: Foreningens navn er Norsk Fysikklærerforening, Norsk Fysisk Selskaps gruppe for undervisning.

§ 2 *Formål*: Foreningen skal fremme faglig og pedagogisk utvikling innen norsk fysikkundervisning.

§ 3 *Organisasjon*: Norsk Fysikklærerforening er organisert som en faglig gruppe i Norsk Fysisk Selskap, NFS. Den har egen formålsparagraf og egne statutter.

§ 4 *Medlemskap*: Foreningen er åpen for alle som underviser i fysikk og for alle som har interesse for formidling av fysikk. Foreningens medlemmer er også medlemmer av Norsk Fysisk Selskap. Foreningen innstiller til medlemskap overfor Norsk Fysisk Selskaps styre.

Medlemmer av andre faggrupper i NFS kan være knyttet til Norsk Fysikklærerforening som assosierte medlemmer.

Følgende styre ble valgt på stiftelsesmøtet:
Leder: Eimund Aamot, Levanger vgs.
Nestleder: Sigrid Skogan, Steinkjer vgs.
Sekretær: Carl Angell, Universitetet i Oslo
Finans: Einar Oterholm, Ressurssenteret, Tingvoll
Landskonf. -97: Karl Torstein Hetland, Dalen vgs.
Univ./høgsk.fysikk: Arne Auen Grimnes, NLH
Medlemskap i NFS: Anders Isnes, UiO

Norsk Fysikklærerforening tar sikte på å bygge ut et regionalt kontaktnett. En avis er foreløpig kommet ut med to nummer. Arna Lerkerød har redaktøransvar. Et viktig arbeidsområde i startfasen er medlemsverving.

Antall elever som går ut av videregående skole med full kompetanse i fysikk, har sunket sterkt de senere år. Departementet står foran en omvurdering av kompetanse og inntakskrav til høgere utdanning. Norsk Fysikklærerforening har i den anledning sendt et brev til statsråd Reidar Sandal og understreket nødvendigheten av å styrke fysikkfaget og andre realfag i videregående skole.

Hafjellkonferansen 1994 ble arrangert med suksess av NFSs faglige gruppe for undervisning. Norsk Fysikklærerforening vil arrangere ny Hafjellkonferanse 5–8. august 1997. Der vil en hel dag bli viet universitets- og høgskolefysikk.

Norsk Fysikklærerforening ønsker å synliggjøre fysikkfaget i dagens Norge.

Eimund Aamot, leder
Sigrid Skogan, nestleder

∞

Utvalg for Høgskole og Universitetsundervisning – UHU

Faggruppen for undervisning i Norsk Fysisk Selskap er omdannet til Norsk Fysikklærerforening (NFL) som skal organisere alle som er interessert i fysikkundervisning i Norge (se ovenfor). Aktiviteten i foreningen er delt inn i tre områder: grunnskole-, gymnas- og postgymnasial fysikk.

Et utvalg er opprettet for å arbeide med postgymnasial fysikk – undervisningsspørsmål ved universiteter og høgskoler. Utvalget har fått det betegnende navnet UHU – Utvalg for høgskole- og universitetsundervisning, og er sammensatt slik: Arne Auen Grimnes, leder – NLH, Torarinn Stephansson – NTNU, Kårmund Myklebost – UiB, Jan Marius Olsen – UiB og Carl Angell – UiO.

UHU arbeider med følgende aktiviteter:

1. Temadag for postgymnasial fysikkundervisning under Landskonferansen om fysikkundervisning på Hafjell hotell 5–9. august 1997.
2. Nordisk 'workshop' om grunnfagsundervisningen i fysikk med vekt på nybegynner-/grunnkurs, overgangsvansker fra gymnaset, rekrutteringsproblemer mm.
3. Organisere samarbeid mellom grunnkursforelesere med utveksling av undervisningsopplegg, oppgaver, demonstrasjonsopplegg, laboratorieundervisning, lærebokerfaringer mm.
4. Utarbeide oversikt over undervisningen i emnegruppene i fysikk ved de institusjonene som utdanner fysikere.
5. Utarbeide årlige statistikker over studenttall på grunnfags- og hovedfagsnivå.
6. Drive/samordne informasjonsvirksomhet om fysikkstudier rettet mot lærere og elever i videregående skole.
7. Samarbeide med Norsk fysikkråd om en handlingsplan for fysikk i skolen med vekt på fysikkens og naturfagenes plass i grunnskolen, og på rekruttering til linjefag i fysikk og andre realfag i videregående skole.
8. Delta i European Physical Societys fora for fysikkutdanning: Forum on Education og European Physics Education Network, EUPEN.

Samtlige aktiviteter er satt i gang, men vi trenger hjelp og støtte for å gjennomføre planene og utvikle nye aktiviteter. Vi vil gjerne ha:

- tilbakemelding fra personer som kan tenke seg å delta i en eller flere av UHU-aktivitetene eller som har nye aktiviteter å foreslå
- støtte i form av innmeldinger i Fysikklærerforeningen
- navn og adresse til alle som ønsker å holdes informert om Landskonferansen på Hafjell.

Medlemskap

Alle som har vært medlemmer i Faggruppen for undervisning i NFS, er automatisk blitt hovedmedlemmer i Fysikklærerforeningen. Subsidiære medlemmer av faggruppen er overført som subsidiære medlemmer av Fysikklærerforeningen. Hovedmedlemmer betaler fra neste år en kontingent på 280 kr, der halvparten går til Fysikklærerforeningen. Subsidiære medlemmer betaler ordinær NFS-kontingent (220 kr), men kan på frivillig basis innbetale 280 kr. De vil da motta all informasjon som sendes ut fra Fysikklærerforeningen.

Huskeliste

1. Meld deg inn i Fysikklærerforeningen som hovedmedlem eller subsidiært medlem og betal inn forhøyet kontingent.
2. Send inn navn og adresse for å få informasjon om Hafjellkonferansen 1997.

Adresser

Leder NFL: Eimund Aamot
Levanger vgs., 7600 Levanger; tlf. 74087300, fax. 74089094; e-post: eaamot@levanger.vgs.no

Sekretær NFL: Carl Angell
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo; tlf. 22856443, fax. 22856422; e-post: carl.angell@fys.uio.no

Leder UHU: Arne Auen Grimnes
Boks 5065, 1432 Ås; tlf. 64949582, fax. 64948810; e-post: arne.grimnes@itf.nlh.no

Arne Auen Grimnes

∞

Priser til utdeling på Fysikermøtet 1997

Simrads Fysikkpris i elektro-optikk

Simrad Optronics A/S gir annet hvert år en fagpris i elektro-optikk. Prisen er på 15 000 kr og deles ut av Norsk Fysisk Selskap. Prisen gis for et norsk arbeid på fagområdet elektro-optikk eller et arbeid der elektro-optiske metoder er anvendt. Prisen skal gis som belønning for et arbeid som er utført av en eller flere personer innenfor de fem siste år før utdelingen. Både grunnleggende og anvendt forskning kan tilgodesees med prisen.

Norsk Fysisk Selskaps undervisningspris

Norsk Fysisk Selskap har med støtte fra Aschehoug, Cappelens forlag, NKI-forlaget, Norsk Undervisningsforbund og Statoil, opprettet et fond hvis avkastning hvert annet år vil bli brukt til en undervisningspris i fysikk. Prisen for 1997 er på 15 000 kr.

Prisen deles ut til en eller flere som underviser i skolen (grunnskole eller videregående skole). Formålet med prisen er å styrke fysikkundervisningen og belønne en innsats av høy faglig kvalitet.

Begrunnede forslag på kvalifiserte kandidater til de to prisene kan sendes til Norsk Fysisk Selskaps sekretariat innen 1. mars 1997.

∞

Nye medlemmer tatt opp 27. sept. 1996:

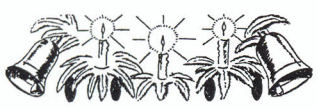
Jan Erik Espelid
Austerheim v.g. skole, 5130 Austerheim

Olav Inge Frette
Kjelsåsveien 97 A, 0491 Oslo

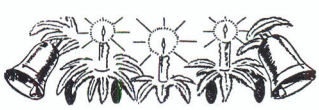
Tor Magne Hammar
Våkleivbrotet 26, 5062 Bønes

Per Sennels
Agathe Grøndahls gt. 49, 0478 Oslo

∞

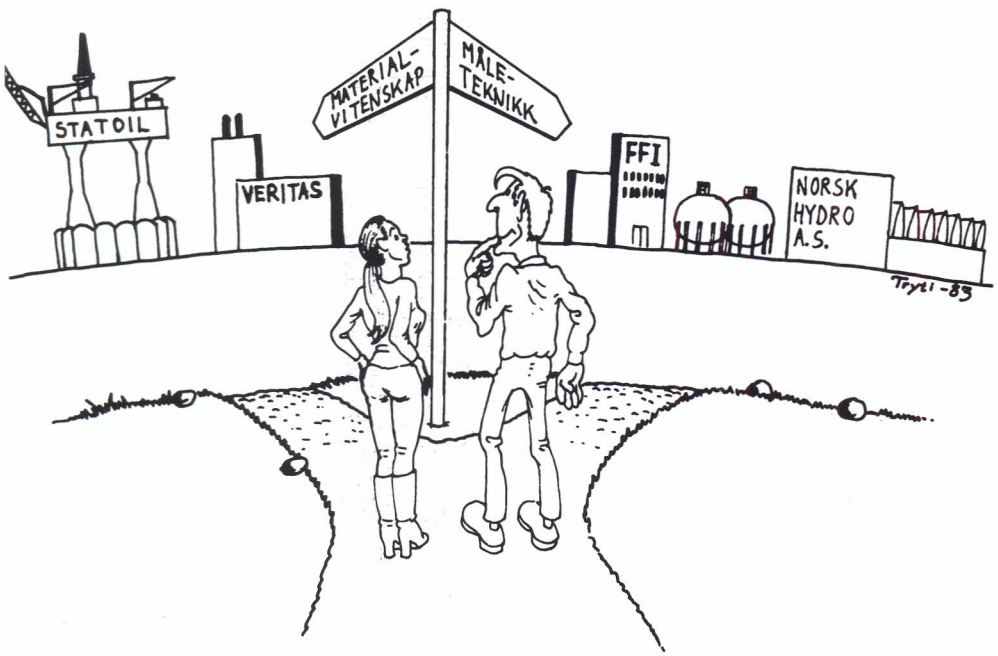


GOD JUL!



C-BLAD

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



Godt Nyttår!

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Thormod Henriksen,
Fysisk inst., Univ. Oslo.
E-post: thormod @fys.uio.no

Visepresident:
Professor Erlend Østgaard,
Fysisk inst., NTNU (AVH), Trondheim.

Styremedlemmer:
Stipendiat Leni Grant,
Nordlysobs., Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Førsteamanuensis Anders Isnes,
ILS, Univ. Oslo.

Selskapets sekretær:
Stipendiat Tove Svendby,
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 56 41, Fax.: 22 85 56 71
E-mail: tove.svendby@fys.uio.no
Postgiro: 0802 5883889
Bankgiro: 5102.05.42806

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. f. mat. realfag, Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen,
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup,
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer,
Inst. f. fys., NTHU (NTH), Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. f. teor. astrofys., 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
finn.ingebretsen@fys.uio.no
karl.maseide@fys.uio.no
Postgiro: 0807 5104724
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen.
Årsabonnement 100 kr. (Studenter 50 kr.)
Løssalg 30 kr. pr. nummer.