lagt at hoveddelen av EISCAT-anleggene skulle plasseres i Nord-Norge. I sin tid som bestyrer ved Nordlysobservatoriet, deltok Holt også i etableringen av Tromsø Telemetristasjon. Begge disse institusjonene har etter hvert fått stor internasjonal betydning, spesielt med sine virksomheter på Svalbard.

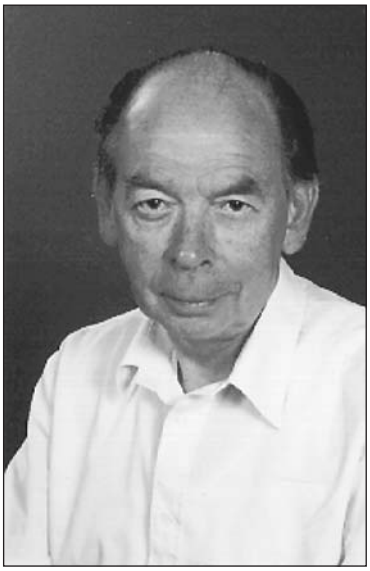
Holts vidsyn og sterke engasjement for et styrket næringsliv i Nord-Norge, førte ham naturlig inn i planleggingen av Forskningsstiftelsen for Universitetet i Tromsø (FORUT) hvor han også ble den første administrerende direktør i 1984. Denne institusjonen ledet han med stor dyktighet til å bli et viktig bindeledd mellom forskningsmiljøene og næringslivet.

Olav Holt har bidratt med sin integritet, store kunnskaper og fagpolitiske evner i en rekke nasjonale utvalg og komiteer oppnevnt av 3 ulike forskningsråd. I nasjonal sammenheng bør spesielt nevnes hans deltakelse i Forskningspolitisk Råd og utvalg for NOU, både om norsk polarforskning og norsk romforskning, alle oppnevnt av Regjeringen. – *Vi gratulerer!*

Asgeir Brekke

∞

Per Maltby 70 år



Den 3. november 2003 fylte professor Per Maltby ved Institutt for teoretisk astrofysikk, 70 år. Ved slike anledninger passer det ofte med et tilbakeblikk på en person og hans virksomhet, men for Maltbys vedkommende er heldigvis et endelig tilbakeblikk forhastet, for det er en fortsatt aktiv forsker vi har med å gjøre. Maltbys forskning innen solfysikk har vært på høyeste internasjonale nivå i mer enn 40 år. I samme perioden har han gjort en avgjørende innsats i oppbyggingen av et solfysikkmiljø i Oslo, og samtidig utøvd en omfattende virksomhet for vitenskapelig romforskning i Norge og i Europa gjennom verv i Norges allmennvitenskapelige forskningsråd (NAVF) og den Europeiske romfartsorganisasjonen, ESA.

Per Maltbys forskning konsentrerer seg særlig om solflekker. Hans arbeid for dr.philos.-graden fra 1964, besto i en klarlegging av Evershed-effekten, utstrømningen av gass fra sentralområdet i solflekker, umbraen, gjennom penumbraen og ut til den omliggende solatmosfæren, fotosfæren. Maltbys resultater fornyet det bildet man den gang hadde av strømninger i solflekker, og de resultater han oppnådde for 40 år siden er fremdeles gyldige.

Professor Maltby var aktiv i oppbyggingen av Oslo Solobservatorium på Harestua og gjorde utstrakt bruk av observatoriet til måling av intensiteten i solflekker. Hans resultater endret vårt bilde av solflekkene på to vesentlige punkter. De første målinger av infrarød stråling fra solflekker ble utført og brakte informasjon om temperaturen i de dypest tilgjengelige lag i flekkene. Videre viste han at intensiteten i flekkenes umbra var betydelig lavere enn den som var bestemt ved tidligere undersøkelser og at intensiteten varierte med solflekksyklusen. Dette resultatet var mulig på grunn av en usedvanlig grundig eksperimentell metodikk.

Arbeidet med intensitetsmålinger førte også til nye beregninger av variasjonen av temperatur og trykk med høyden i solflekker. Maltbys modell for solflekkumbraen, publisert sammen med medarbeidere i 1986, er fremdeles en standard-referert solflekkmodell.

Siden 1980-årene har Maltby særlig studert dynamiske forhold i transisjonslaget på solen, området mellom den kalde kromosfæren med temperatur rundt 10,000 K og den varme koronaen hvor temperaturen stiger til over 1 million K. Han benytter data fra SOHO, et internasjonalt romobservatorium som han har bidratt vesentlig til å realisere. Studiene av *plumes,* "kalde" strukturer i koronaen over solflekker, og oscillasjoner i solflekkenes transisjonslag, er fremdeles i full gang.

Oscillasjonene påvises ved måling av systematiske dopplerforskyvninger i spektrallinjer som stråles ut fra gassen i transisjonslaget over

solflekker. Studiene av dem griper tilbake til en tidlig og viktig innsats innen teoretisk astrofysikk. I arbeider i 1960-årene utledet Maltby, sammen med professor Gunnar Eriksen, virkningen av lyd- og magnetosoniske bølger i solgassen på linjeprofilene av spektrallinjer som gassen stråler ut. For første gang ble den korrekte sammenhengen mellom kompresjonen i bølgene og linjeprofilene etablert. Disse arbeidene har gjort det klart at oscillasjonene i solflekker skyldes at akustiske bølger forplanter seg oppover i solatmosfæren.

Arbeidene om diagnostiske effekter av bølger i solatmosfæren har likevel hatt en langt videre ringvirkning. Dette er synlig i studier av bølger fra instabiliteter i solkoronaen, utført av Maltbys tidligere studenter, som i dag bidrar til å endre synet på solkoronaens oppvarming.

Til slutt må det nevnes at Per Maltby tidlig i sin karriere, i 1960-61 og 1964–65, oppholdt seg ved California Institute of Technology, hvor han deltok i de den gang nye og avanserte studier av fjerne, aktive radiogalakser. Norsk astrofysikk kan prise seg lykkelig for at han returnerte til Universitet i Oslo og ikke ble værende i USA.

Etter innledende år som forskningsassistent, universitetslektor, amanuensis og førsteamanuensis, ble Per Maltby dosent i 1967 og professor fra 1. januar 1983. Hans offentlige verv er for mange til å regnes opp, men kanskje kan man nevne hans tid som medlem og senere formann i NAVFs råd for naturvitenskap, samt hans medlemskap i ESAs Solar System Working Group og i Space Science Advisory Committee. De siste tre år har Maltby vært seniorstipendiat ved Det matematisk- naturvitenskapelige fakultet ved Universitetet i Oslo. Han har i alt publisert omlag 90 artikler i tidsskrifter samt et lignende antall konferansebidrag.

Per Maltbys forskning, instituttinnsats og offentlige virksomhet har vært av vesentlig betydning for norsk astrofysikk. Ingen kan gis all ære for den internasjonale posisjon norsk solfysikk har i dag, men enkeltpersoner kan spille en avgjørende rolle i vitaliseringen av et vitenskapelig miljø. En slik rolle har Maltby spilt for norsk solfysikk og astronomi.

Vi ønsker Per Maltby til lykke med de fylte 70 år og håper at han ennå lenge vil være i aktiv virksomhet blant oss på Institutt for teoretisk astrofysikk.

Olav Kjeldseth-Moe

∞

Gründerpris til John Rekstad



Under konferansen "Næringsutvikling med ny energiteknologi 2003" som ble arrangert i Oslo 13. og 14. november, ble professor John Rekstad tildelt prisen "Energigründer 2003". Prisen deles ut av Norges forskningsråd, SND og Enova, og ble gitt "for målrettet arbeid med FoU-basert næringsutvikling innen ny energiteknologi". Den besto av diplom og et bilde.

Rekstad har hatt hovedansvaret for etableringen av flere norske bedrifter, bl.a. SolarNor og Vero Therma. I 1995 lanserte SolarNor et konsept for solfangere basert på plastmaterialer. Produktet har i dag passert alle relevante kvalitetstester og er nå i regulær produksjon. SolarNor har videre utviklet et elektronisk temperaturregulerings- og målesystem for lavtemperaturoppvarming. Denne teknologien blir nå benyttet i flere store utbyggingsprosjekter.

"Prisvinneren har vist seg som en dyktig og kreativ forsker, både når det gjelder forskningens faglige innhold og praktiske organisering," uttaler juryen i sin begrunnelse. Ved utnyttelse av forskningsresultatene har årets energigründer utvist både initiativ, engasjement og ikke minst utholdenhet.

For å få til introduksjon av solenergi i Norge i stort omfang, har SolarNor inngått en samarbeidsavtale med en norsk typehusbedrift. Det internasjonale engasjementet er for tiden primært rettet mot Spania, der det er opprettet et datterselskap. SolarNor har allerede et godt inngrep i det spanske markedet og er foretrukket som leverandør til et stort solenergiprosjekt i Bilbao.

Åtte år etter stiftelsen må SolarNor fremdeles karakteriseres som en ung bedrift. I løpet av 2003 er

det tekniske utviklingsprogrammet kommet i mål, og det er bygget opp en ordrereserve og prosjektportefølje av betydelig størrelse.

Pristildelingen er et synlig bevis på at fysikere med solid basis i grunnforskningsmiljøer, med sin innsikt og kreativitet kan bidra direkte til verdiskapning. – *FFV gratulerer!*

∞

In Memoriam

Finn Tønnessen (1930–2003)



Førsteamanuensis Finn Tønnessen døde 9. november 2003, 73 år gammel. Han var knyttet til Fysisk institutt ved UiO fra han var student og til sin bortgang. Han var en av de mest benyttede forelesere vi hadde, og han fortsatte med forelesninger også etter at han offisielt var blitt pensjonist. Finn var spesielt knyttet til begynnerundervisningen i fysikk og hadde ofte kurs med flere hundre studenter, men likevel fikk han god kontakt med studentene. For sin foreleserinnsats ble han hedret med *Fysisk institutts undervisningspris*, og studentene hedret ham med Fysikkforeningens pris, *Maxwells gyldne demon.*

Innen forskning var Finn Tønnessen i første rekke knyttet til ozonstudier hvor han samarbeidet med Søren H.H. Larsen i mange år. Deres målinger av ozonlaget foregikk på taket av Kjemibygningen på Blindern. Alt i slutten av 1960årene sendte de opp ballonger med ozonsonder for å måle tettheten av ozon som funksjon av høyden. Ballongene gikk opp til ca. 30 km, og alle slipp måtte godkjennes fra Fornebu flyplass. Søren og Finn var pionerer når det gjaldt å måle høydeprofiler av ozonlaget.

Fra slutten av 1970-tallet målte de daglig ozonmengden over Blindern med et manuelt Dobsonspektrometer. Det måtte kjøres ut på taket for hver måling, og på vinterstid foregikk målingene med lue og votter. I 1990 ble ozonmålingene automatisert og styrt av datamaskiner da vi fikk et nytt Brewerspektrometer. Dette ble plassert fast på taket, og Finn ble "sjef" for Brewer-målingene. Bildet viser Finn på sin arbeidsplass på taket.

I fritiden var Finn Tønnessen en viktig del av Haslum Idrettslag innen ski og orientering. Han var opptatt av turorientering for ung og gammel, og arbeidet i en periode som "Tur-O-general" innen Norges Orienteringsforbund. Finn deltok selv i O-løp på mosjonsnivå og fikk også gleden av å ha en datter som ble en av verdens beste kvinnelige orienteringsløpere i 1982.

Finn Tønnessen la stor vekt på det sosiale fellesskap og var primus motor i "Fysikkbygningens venner". – Vi lyser fred over hans minne!

Thormod Henriksen

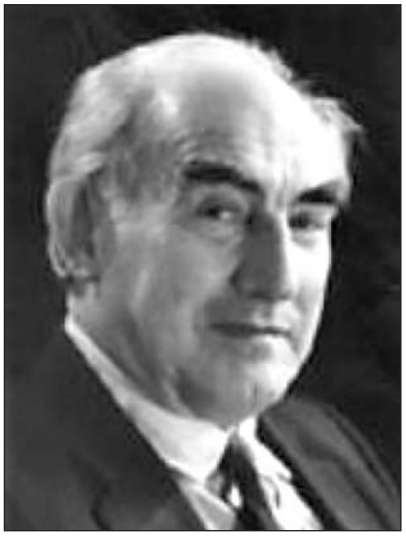
∞



Nobelprisen i fysikk 2003

Asle Sudbø *

Nobelprisen i fysikk 2003 ble tildelt fysikerne Alexei A. Abrikosov, Vitaly L. Ginzburg, og Anthony J. Legget, for deres arbeider innen superledning og superfluiditet.(1) Ginzburg er født i 1916 og har vært tilknyttet P.N. Lebedev Physical Institute, Moscow, Russland. Abrikosov er født i 1928, og arbeider ved Argonne National Laboratory, Argonne, IL, USA. Leggett er født i 1938 og arbeider ved University of Illinois Urbana, IL, USA. De tre fysikerne får nobelprisen for sine banebrytende arbeider innen teorien for superledere og superfluiditet. Prisvinnerne deler prisen likt.



Vitaly L. Ginzburg

Vitaly L. Ginzburg får prisen for et arbeid som skriver seg fra 1950! Det året publiserte han, sammen med Lev Landau, en artikkel som ga en fenomenologisk beskrivelse av en superleder ved hjelp av en såkalt ordensparameter for det superledende kondensatet.(2) Denne fenomenologiske modellen har siden fått navnet Ginzburg–Landau (GL)-modellen, og er mye brukt i mange sammenhenger i fysikk.

Ordensparametre opptrer som nyttige objekter nesten overalt i fysikken. Det enkleste å forestille seg er ordensparameteren for en ferromagnet, nemlig den spontane magnetisering som opptrer når magneten blir kjølt ned under en viss temperatur. Magnetiseringen er gjennomsnittsverdien av små lokale magnetiske dipolmoment (spinn) i et system. For at noe slikt skal kunne ha en verdi forskjellig fra null, må spinnene peke noenlunde i samme retning i magneten, ellers vil vektorene nulle hverandre ut. Ginzburg og Landau skrev ned en modell med en ordensparameter, hvor ordensparameter er noe så tilsynelatende abstrakt som en *kompleks skalar bølgefunksjon,* Ψ, analogt med det som opptrer i Schrødinger-ligningen. Men bølgefunksjon for *hva?*

Dette spørsmålet ble stående åpent i mange år. Det er desto mer bemerkelsesverdig at modellen ble brukt til å finne en rekke prediksjoner som siden ble verifisert eksperimentelt. Siden Ψ er kompleks, har den både en amplitude og en fase. Analogen til den makroskopiske spinnordningen i en ferromagnet, er en makroskopisk faseordning i Ψ. Siden Ψ er et kvantemekanisk objekt som beskriver en eller annen materiebølge, sier vi at *superledning er et makroskopisk kvantefysisk fenomen, og materiebølgen som beskrives av* Ψ*, er en fasekoherent materiebølge.* Derfor kan vi faktisk si at *superledning er materiebølgenes svar på koherens i lysbølger, det vil si laserlys.*

Hva er så GL-modellen? Når man kjøler ned et metall slik at det blir superledende, forsvinner målbar elektrisk motstand. Det skjer noe dramatisk med ladningstransporten, som i et metall er dominert av elektroner. Ψ er derfor en bølgefunksjon for noe som beskriver et elektronkondensat på en eller annen måte. Siden elektroner har ladning, må vi assosiere en ladning med "partiklene" i kondensatet.

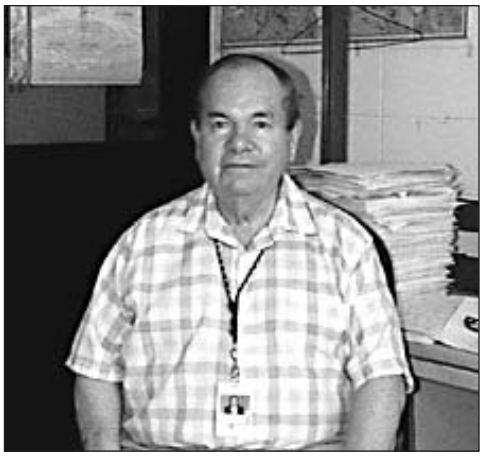
Modellen består av fire ledd. Ett ledd gir den kinetiske energien til "partiklene" i elektronkondensatet; ett ledd gir en repulsiv kontaktvekselvirkning mellom to "partikler" i kondensatet; ett ledd gir energien assosiert med å koble det ladede kondensatet til et magnetisk felt; og ett ledd er et

*Institutt for fysikk, NTNU.

kjemisk potensialledd som regulerer tettheten av superledende partikler. Uten noe mer enn dette å holde seg til, var Ginzburg og Landau i stand til å komme opp med en rekke prediksjoner som siden viste seg å holde stikk.

Noe av grunnen til denne suksessen var at modellen ved litt omskriving til dimensjonsløse variable, viste seg kun å inneholde *en eneste dimensjonsløs parameter!* Denne materialavhengige parameteren kalles nå GL-parameteren, κ. For de fleste rent elementære superledere (for eksempel Hg, Al, Pb, Sn) er $\kappa \ll 1$. Den første kjente superleder, Hg, oppdaget av Heike Kammerlingh-Onnes i 1911, har for eksempel $\kappa = 0,16$. GL-teorien viste seg imidlertid å prediktere at en superleder skal oppføre seg på to helt forskjellige måter, avhengig av hvorvidt κ er større eller mindre enn $1/\sqrt{2}$. Ginzburg og Landau studerte i hovedsak tilfellet $\kappa \ll 1$, siden det i 1950 syntes å være mest relevant for eksperimenter.

Aleksei A. Abrikosov bestemte seg i 1952 for å undersøke tilfellet $\kappa > 1/\sqrt{2}$. På det tidspunktet var det *ingenting som tydet på at dette hadde noen fysisk realisering.* Når $\kappa > 1/\sqrt{2}$, vil overflateenergien mellom et område med normalt metall og et område som er superledende, skifte fortegn og bli negativ.



Alexei A. Abrikosov

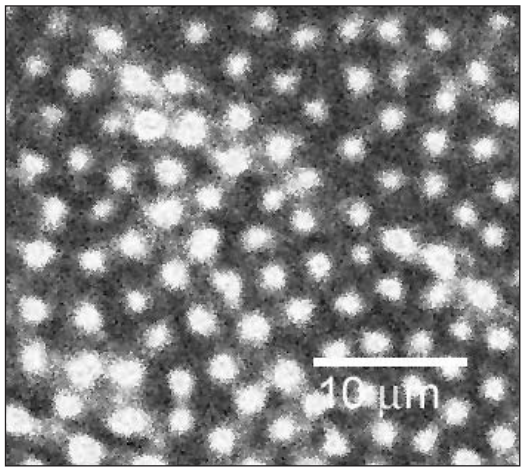
Når et magnetfelt påtrykkes, vil det til å begynne skjermes helt ut dersom det ikke er for sterkt. Dette er perfekt diamagnetisme som er det virkelige "bumerket" til superledning. Dersom magnetfeltet blir for sterkt, vil det imidlertid til slutt trenge inn i systemet og destruere superledning der det trenger inn. Det er nå "magien" med Abrikosov sitt valg $\kappa > 1/\sqrt{2}$ gjør seg gjeldende. Magnetfeltet trenger inn i superlederen slik at overflaten mellom normalt metall og superledende område *maksimaliseres* siden dette svarer seg energetisk. Magnetfeltet må gå tvers igjennom superlederen. Det kan ikke starte eller slutte inne i superlederen siden vi ikke har magnetiske monopoler. Det betyr at den beste geometriske formen magnetfeltet kan "velge" er sylindriske magnetiske flukstuber, siden et sirkulært areal har størst omkrets i forhold til volum, og dette maksimaliserer arealet mellom normalt metall inne i flukstuben og superledende materiale utenfor flukstuben. Abrikosov fant at grunntilstanden til en superleder med $\kappa > 1/\sqrt{2}$ i et ytre magnetfelt, skulle være et flukslinjegitter hvor flukslinjene var ordnet i et kvadratisk mønster i retningen loddrett på magnetfeltet. Det korrekte svaret er at flukslinjegitteret ordnes i et triangulært gitter, men energiforskjellen mellom det kvadratiske gitteret og det triangulære gitteret er uhyre liten.

Da Abrikosov i 1953 fremla sine resultater for sjefen sin, Lev Landau, avfeide sistnevnte arbeidet med at slike flukslinjer neppe eksisterte. Det var ikke før Landau fikk høre om Richard Feynman sine arbeider på nært relaterte ting i helium 4, hvor objekter som har mye til felles med Abrikosov sine flukslinjer opptrer, at han begynte å tro på Abrikosov og lot ham få publisere arbeidet. Dette var i 1957. Arbeidet vakte ikke nevneverdig oppmerksomhet, hovedsakelig fordi superledere med $\kappa > 1/\sqrt{2}$ fortsatt var praktisk talt ukjente, og det var fortsatt tvil om hva nå denne GL-teorien var for noe rart. Så dukket det opp superledende legeringer, og disse fremviste $\kappa > 1/\sqrt{2}$. Dermed kunne Abrikosov sine prediksjoner testes eksperimentelt. Men først kom to avgjørende teoretiske gjennombrudd som totalt forandret måten man betraktet GL-teorien på.

I 1957 publiserte John Bardeen, Leon Cooper, og J. Robert Schrieffer (BCS) en mikroskopisk teori for det som i dag kalles konvensjonelle superledere, som de fikk Nobelprisen i fysikk for i 1972. Dette banet veien for et annet viktig arbeid, nemlig Lev Gor'kov sin utledning av Ginzburg-Landau-teorien fra BCS-teorien i 1959. Dette var som å trekke et slør til side; med ett fikk man en tolkning av den mystiske bølgefunksjonen Ψ, som viste seg å være en bølgefunksjon for *elektronpar*, Cooper-par. Kondensasjonsfenomenet er altså at elektroner i et metall Danner elektronpar, som så "marsjerer i takt" over hele systemet (husk fasekoherensen!), en ustoppelig kolonne av solidariske elektronpar som

feier til side all motstand og driver resistiviteten til null. Nå stod GL-teorien på et solid teoretisk fundament, og tiden var moden for å ta Abrikosovs resultater på alvor.

Abrikosov flukslinje-gitteret ble observert i full overensstemmelse med prediksjonene. Dette ble gjort for første gang av Cribier, Jacrot, Rao, og Farnoux i 1964, og deretter gjentatt med mye tydeligere resultat av Träuble og Essmann i 1967. Etter dette fantes det ikke tvil om at Abrikosov sine prediksjoner var riktige, til tross for at alle andre enn han selv trodde de var feilaktige til å begynne med. Under slike forhold hjelper det å tro på det man holder på med.



Figur 1. Bilde av et (litt uordnet) Abrikosov vortex-gitter. De lyse punktene er områder der vortexene kommer ut av superlederen. Diameteren til de lyse punktene er ca. 1000 Å, og det går nøyaktig ett magnetisk flukskvantum, $\Phi_0 = 2{,}07 \cdot 10^{-17}$ Tm^2, igjennom hvert av dem.

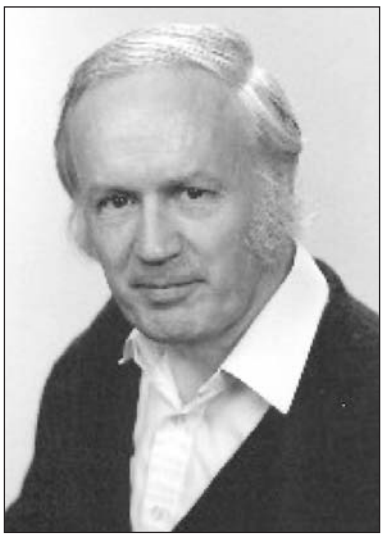
Er så dette i seg selv nok til å få en nobelpris? Svaret får vi aldri, fordi en av de mest dramatiske oppdagelsene i fysikk i det 20. århundre intervenerte i 1986, og ga Abrikosov sine arbeider en helt ny aktualitet. Det året oppdaget Karl Alex Müller og Georg Bednorz fenomenet høytemperatursuperledning i kopperoksidbaserte keramer ved det som da ble betraktet som uhørt høye temperaturer, ca. 30 K (nobelprisen i 1987). Like etter ble et material i samme klasse oppdaget med en kritisk temperatur på 92 K, og det var åpenbart for alle at man stod overfor et helt nytt fenomen som nå i 16 år har vært ett av verdens mest betydningsfulle forskningsfelt i fysikk.

En spesiell egenskap ved den nye klassen superledere er at $\kappa \gg 1/\sqrt{2}$! Abrikosov sin flukslinjefysikk burde dermed være operativ. Men man fikk en masse ny interessant fysikk med på kjøpet! Siden $\kappa \gg 1$, viser det seg at Abrikosov-gitteret blir mykt, og siden operasjons temperaturene er høye, kan kanskje Abrikosov-gitteret smelte? Ideen var blitt luftet av Gerd Eilenberger allerede i 1967, men i de materialene som fantes den gangen fant man at smeltetemperaturen var umulig å skille fra selve den kritiske temperaturen. Dette bildet forandret seg i 1989, da A. Houghton, R.A. Pelcovits, og A. Sudbø publiserte et arbeid som viste at Abrikosov-gitteret i en høytemperatur-superleder kunne smelte ved temperaturer langt under den superledende kritiske temperaturen, og teorien deres var også i stand til å skille mellom ulike materialer helt i overensstemmelse med eksperimentelle observasjoner.

Fra et grunnforskningssynspunkt er dette uhyre interessant fordi det utgjør et fantastisk laboratorium for å studere såkalte *kritiske fluktuasjoner.* Fra et mer teknologisk synspunkt har smeltingen av Abrikosov-gitteret konsekvenser for anvendelser av høytemperatur-superledere i kraftsystemer og lignende, fordi det får konsekvenser for hvor mye strøm som kan presses igjennom superledere uten at dens gode egenskaper forsvinner. Abrikosov sitt flukslinjegitter, som altså en gang ble regnet for en akademisk kuriositet, er dermed helt sentralt i de superlederne som i dag har desidert størst potensiale for teknologiske anvendelser!

Anthony J. Legget sitt arbeid stammer fra 1965–1972 og er utført innen superfluiditet i heliumisotopen helium 3, som er en fermionvæske.[3] (Cooper-par-væsken i GL-teorien er praktisk talt en bosonvæske). Vi snakker om superfluiditet i stedet for superledning fordi, siden helium er ladningsnøytralt, det ikke er snakk om at noen elektrisk motstand forsvinner. Det som forsvinner er i stedet viskositeten til heliumvæsken. Ordensparameteren som Leggett studerte, kan også brukes til å formulere en (mer komplisert) GL-teori, nå uten magnetfelt (siden kondensatet er ladningsnøytralt), men med en komplikasjon: I stedet for at ordensparameteren har to komponenter (en kompleks skalar størrelse), har den nå 18 komponenter! Dette betyr at ulike komponenter kan ordne på ulike temperaturer, og det kan oppstå nye fysiske effekter. To ulike ordnede kondensater kan kombineres til et tredje kondensat som ikke bare er en superposisjon av de to første, men har helt andre egenskaper.

Dette representerte et paradigmeskifte i teorien for faseoverganger; tidligere hadde man stort sett sett på faseoverganger fra en ordnet lavtemperaturfase til en uordnet høytemperaturfase. Helium 3



Anthony J. Legget

representerer noe nytt i denne sammenhengen, og det var den nye innsikten som Legget bidro med her, og ble belønnet med nobelprisen for i 2003. Leggett vinner først prisen nå, men det hører med til historien at arbeidene som nå er hedret, ble spesielt nevnt i forbindelse med utdelingen av nobelprisen i 1996. Den gangen ble prisen utdelt for *oppdagelsen* i 1972 av superfluiditet i helium 3 i millikelvin-regimet. Leggett hadde hjulpet David Lee, Douglas Osheroff, og Robert Richardson med å tolke eksperimentene deres. Denne tredjedelen av nobelprisen er en utpreget grunnforskningspris. Lærdommen fra historien om Ginzburg, og særlig Abrikosov sine arbeider, tilsier at vi kan måtte vente en 20–30 år til, og kanskje enda lenger, før vi ser de teknologiske anvendelsene av A-fasen som Leggett oppdaget i helium 3!

I 2004 utgir forlaget John Wiley & Sons en ny lærebok i superledning forfattet av undertegnede og Kristian Fossheim ved NTNU.[4] I den anledning er samtlige nålevende nobelprisvinnere som har mottatt en nobelpris i superledning blitt intervjuet, og korte biografier over samtlige nobelprisvinnere i superledning fra 1911 til idag, deriblant Ivar Giæver, er gitt der.

Referanser

1. Leggett, A.J.: *Superfluids and Superconductors.* Twentieth Century Physics, Vol. II, red. Brown, L.M., Pais, A. and Pippard, B., IOP Publishing 913, (1995)
2. Ginzburg, V.L.: *Research on superconductivity (brief history and outlook for the future).* Superconductivity, p. 1 (1992)
3. Mermin, N.D. and Lee, D.M.: *Superfluid Helium 3.* Scientific American **235** 56–71 (1976)
4. Fossheim, K. and A. Sudbø: *Superconductivity. Physics and Applications.* John Wiley & Sons, New York (2004)

∞

Isaachsens lærebøker i fysikk for realgymnaset – et hundreårsjubileum

Trond Harkjerr *

I 2003 var det 100 år sia Isaachsens "Lærebok i fysikk for realgymnaset" utkom med si første utgave. Gjennom sitt lange liv fram til 1969, kom dette læreverket til å forme generasjoner av norske fysikere. Denne artikkelen tar for seg Isaachsens valg av emner og læreverkets bruk av retoriske virkemidler i tekst og bilder. Det blir også skissert hvordan dette kan si noe om de danningsidealer og samfunnsforhold som prega Norge i denne perioden. Artikkelen er en bearbeida versjon av et foredrag holdt på Fysikermøtet 2003, som igjen bygger på forfatterens hovedoppgave i idéhistorie.[1]

*Tranberg videregående skole, Gjøvik.

Forfatterne

Isaachsens lærebok utkom med si første utgave i ett bind i 1903 på "Det Norske Aktieforlag" i Kristiania. Denne utgava ble imidlertid ikke godkjent for bruk i gymnaset. Begrunnelsen var at den var for vanskelig for elevene. Læreboka kom da i ei ny og revidert utgave i 1905.[2] Deretter ble læreboka gitt ut på Aschehoug forlag i to bind, der det første bindet hovedsakelig omhandler mekanikk, bølgebevegelse, akustikk og varmelære, mens bind to omfatter elektrisitet, magnetisme og optikk (som etter hvert kom til å innbefatte atomfysikk og relativitetsteori). Gjennom sine 17 utgaver fram til 1969,[3] hadde Isaachsens læreverk tre hovedforfattere: Daniel Isaachsen, Gabriel Holtsmark og Johan Holtsmark.

Daniel Isaachsen (1859–1940) avla matematisk naturvitenskapelig lærereksamen ved Universitetet i Oslo i 1883 med fagene matematikk, astronomi, fysikk og kjemi. Fra 1883 til -85 var han assistent ved det internasjonale byrå for vekt og mål i Sèvres. I 1886–87 studerte Isaachsen med offentlig stipend under Hermann Helmholtz i Berlin, og var deretter i Sèvres igjen fram til 1889 da han ble universitetsstipendiat i fysikk i Oslo. I 1891 ble han overlærer i fysikk ved Trondheims tekniske skole. I 1893 ble han dosent i matematikk og fysikk ved sjøkrigsskolen i Horten, og fra 1914 til 1929 var han justerdirektør. Fra 1922 var han medlem av den internasjonale meterkonvensjonen, og fra 1927 var han dens sekretær. I perioden 1906–1916 vikarierte han for Kristian Birkeland som foreleser og eksaminator ved Universitetet. Han var også en periode lærer i fysikk for farmasøytene og ved Den militære høgskole.

Isaachsen står oppført som eneste forfatter for bare de to første utgavene av læreverket, fra 1903 og 1905. Fra og med den 3. utgava fra 1909, og til og med første bind av den 10. utgava fra 1937, står Gabriel Holtsmark oppført som medforfatter.

Gabriel Holtsmark (1867–1954) avla matematisk naturvitenskapelig lærereksamen i 1892. Fra 1889 til 1901 underviste han ved Otto Anderssens skole i Oslo, og fra 1893 til 1900 ved Oslo handelsgymnasium. I to perioder fra 1895 satt han som sekretær og kasserer i landsstyret i "Filologernes og realisternes landsforening". I 1898 var han med på å starte foreningens tidsskrift "Den Høiere Skole", og ble dets første redaktør. I 1901 ble Holtsmark tildelt et stipend som gjorde at han avbrøt skolearbeidet og dro til Tyskland hvor han studerte i ett år under Wilhelm Wien i Würzburg. Her tok han doktorgraden i 1902 med et eksperimentelt arbeid om røntgenstrålers intensitet. Samme år ble han overlærer i fysikk og matematikk ved Norges landbrukshøgskole i Ås, hvor han bl.a. arbeidet med statistiske metoder. I 1910 begynte Holtsmark som aktuar i livsforsikringsselskapet Fram, og fra 1920 var han direktør ved Oslo handelsgymnasium fram til han gikk av for aldersgrensa i 1937.

Etter at Isaachsen trakk seg ut, står Gabriel Holtsmark som eneste forfatter til og med den 13. utgava fra 1952. Deretter overtar Johan Holtsmark, og han står som eneste forfatter fram til læreverkets siste utgave fra 1969.

Johan Holtsmark (1894–1975) var sønn av Gabriel Holtsmark. Som sin far studerte han i Würzburg under Wien, hvor han arbeidet med katodestråling. I Leipzig arbeidet han med aerodynamikk under Vilhelm Bjerknes, og i Göttingen med spektrallinjer under Peter Debye. I 1918 tok han doktorgraden i Oslo på et arbeid om katodestråler, uten først å ha avlagt embetseksamen. Etter å ha vært stipendiat i Oslo og i London, ble han amanuensis i fysikk ved Universitetet i Oslo i 1920. Fra 1923 til -42 var han professor i fysikk ved NTH, og ved Universitetet i Oslo fra 1942 til -64.

Johan Holtsmark publiserte en rekke avhandlinger. Fra tida i Trondheim er særlig et arbeid om bølgemekanisk spredningsteori fra 1926, kjent. Fra slutten av 1920-åra skifta hans interesse over til akustikk og elektroteknikk, og han fikk oppretta et akustisk laboratorium ved NTH. Han tok imidlertid også initiativ til forskning i eksperimentell kjernefysikk og satte i gang bygging av en Van de Graaff-akselerator som, da den stod ferdig i 1936, var Nord-Europas første. Da Holtsmark ble professor i Oslo ble akseleratoren flytta dit, og dette kom til å legge grunnen for det kjernefysiske forskningsmiljøet på Blindern etter krigen. Holtsmark var i tillegg med på å bygge opp forskningsgruppene i akustikk og seinere i faststoff-fysikk, ved Universitetet i Oslo. Han engasjerte seg også i opprettelsen av Sentralinstituttet for Industriell Forskning i Oslo, Nordita i København og CERN i Genève.

Av de tre hovedforfatterne var det altså bare Gabriel Holtsmark som hadde erfaring fra gymnaset. Både Isaachsen og ikke minst Johan Holtsmark, var knytta til høgskoler og universitet. I dag er de fleste lærebokforfattere aktive lærere, og det er et fåtall av universitetslærere som skriver lærebøker for den videregående skolen. Isaachsens læreverk knyttes imidlertid sterkere til gym-

naset ved at gymnaslektorer etter hvert trekkes med som rådgivere. Fra midt på 1930-tallet sies det i forordet til bøkene at lektor J. Helland og professor J. Holtsmark har bistått med råd. Når Johan Holtsmark overtar som forfatter, nevnes lektorene Jørgen Vasshaug, Mathias Flordal og John Frøshaug som rådgivere.

Valg av emner før 2. verdenskrig

Gjennom valg av emner og eksempler reflekterer skolefysikken, slik den framstår i Isaachsens lærebøker, både utviklinga i fysikkfaget og noe av ei mer generell utvikling i Norge på 1900-tallet. Fysikk var den dominerende naturvitenskapen i første halvdel av det tjuende århundret; og ved starten av århundret var mekanikken den viktigste delen av fysikken. Utover på 1900-tallet blir imidlertid mekanikkens stilling stadig svekka. Dette gjelder både som interessant forskningsfelt og som verdenssyn. Nye områder som atom- og kvantefysikk og relativitetsteori oppstår. Ei lignende utvikling finnes også i lærebøkene til Isaachsen. I de første utgavene er det den klassiske mekanikken som er det dominerende emnet. Dette viser seg ikke bare gjennom antall sider som er via reine mekanikkavsnitt, men også ved at mekaniske modeller benyttes innafor emner som bølgelære og optikk. Eteren, som for Isaachsen er det mediet som lysbølger forplanter seg i, omtales for eksempel som en stofflig og mekanisk beskrivbar substans. Antall sider som prosentvis vies mekanikk synker deretter jevnt utover i de etterfølgende utgavene av læreboka. Til gjengjeld øker elektromagnetismen og optikken sin andel. Økninga i optikkemner skyldes imidlertid ikke klassisk geometrisk optikk, som er et annet emne som taper terreng både i fysikksamfunnet og i lærebøkene, men inkluderinga av atomteori og relativitetsteori i denne delen av læreboka. Fra de første utgavene hvor "ny" fysikk består av en omtale av katodestråler og røntgenstråler, så kompletteres langt på vei atomfysikken når det gjelder emner i utgavene fra årene 1927 til 1936. Elektronet er omtalt allerede i 1910-utgava, altså bare ca. 10 år etter oppdagelsen, og i den nevnte perioden inkluderer læreboka stoff om kvanteteori og svart stråling, fotoeffekten, Bohrs atomteori, atomkjerna og kosmisk stråling; kort sagt de emnene vi kan kjenne igjen som pensum i atomfysikk i dagens videregående skole.

Først i utgava fra 1939 blir både den spesielle og den generelle relativitetsteorien behandla relativt grundig, sjøl om den generelle relativitetsteorien så vidt var nevnt i utgava fra 1934 i forbindelse med omtalen av gravitasjon. Relativitetsteorien, og da særlig den spesielle, ser altså ut til å få en tregere mottakelse enn kvantefysikken hos Isaachsen. Dette i motsetning til i fysikksamfunnet ellers, hvor mottakelsen av Einsteins relativitetsteorier jevnt over var raskere og mer positiv enn den tregere og mer lunkne mottakelsen kvanteteorien fikk.[4] Årsaken til Isaachsens "brudd" med fysikksamfunnet på dette punktet, kan ligge i stoffets relevans og anvendelsesmulighet. Generelt synes nemlig nye emner å dukke opp hos Isaachsen først og fremst dersom de kan anvendes i praktiske situasjoner, eller kan utdype allerede eksisterende emner i læreboka. Dette kan forklare hvorfor atom- og kvantefysikk (som knyttes til optikken) og generell relativitetsteori (som knyttes til gravita sjon) vinner raskere innpass hos Isaachsen enn spesiell relativitetsteori, som mer framstår som en kuriositet.

Forholdet mellom lærebok og læreplan sies ofte å bestå i at mens læreplanen bestemmer hva som skal behandles, så bestemmer læreboka hvordan det skal behandles. Isaachsens lærebøker synes imidlertid til en viss grad å leve sitt eget liv uavhengig av læreplanen for fysikkfaget. I tillegg til de emnene som den til enhver tid gjeldende emnelista til faget nevner, tar læreboka også med stoff som ikke nevnes i læreplanene. Særlig gjelder dette nettopp innafor moderne fysikk hvor læreboka er raskere enn læreplanen til å ta opp i seg nye ting, spesielt stoff som har en anvendelsesmulighet. Ei mulig forklaring kan ligge i forfatternes faglige bakgrunn og deres oppfatning av hva som skal telle som fysikk.

Det at elektromagnetismen etter hvert får større plass, kan ses som gjenspeiling av ei utvikling i fysikken generelt hvor et mekanistisk verdensbilde etter hvert betraktes som gammeldags og primitivt, og hvor feltteorier står for det nye. Men elektromagnetismen er også relevant for den industrireisinga som skjer i Norge etter år 1900. Norge blir utover på 1900-tallet et stadig mer urbanisert og teknifisert samfunn. I Isaachsens lærebøker fram mot 1940 viser dette seg i stoffutvalget ved at emner innafor elektromagnetismen med en praktisk anvendelse får større plass, spesielt gjelder dette emner innafor elektroteknikk. Stoffutvalget innafor elektromagnetismen reflekterer dermed også den moderniseringa av Norge som kommer til uttrykk gjennom at elektrisk strøm og elektriske apparater som glødelampa, radioen og grammofonen, blir stadig vanligere i norske hjem. Fysikkfaget bidrar

til nasjonsbygginga i mellomkrigstida både ved å ta opp emner som er viktige for nasjonen (industrialiseringa), men også ved å vise til nasjonale helter som Guldberg, Hansteen, Birkeland og Størmer.

Etter 2. verdenskrig

I utgavene etter 2. verdenskrig får vekselstrøm og dens tekniske anvendelser stadig større plass, og elektronikk dukker opp som et eget emne i utgava fra 1960. Igjen speiler dette noe av utviklinga i Norge. Gjenreisinga etter krigen dreide seg om ei kraftig industribygging der den elektrotekniske industrien spilte ei viktig rolle. Dette representerer imidlertid avanserte teknologiske anvendelser, og hos Isaachsen blir det stadig færre eksempler som viser en mer dagligdags bruk av fysikken. Tidligere eksempler som tørketrommelen og melkeseparatoren fjernes fra lærebøkene uten at mer moderne utgaver av tilsvarende innretninger fra kvinners og bønders livsverden tas inn. Isaachsens fysikk maskuliniseres og urbaniseres i takt med den framvoksende teknisk-rasjonelle styringsideologien i Norge på den tida.

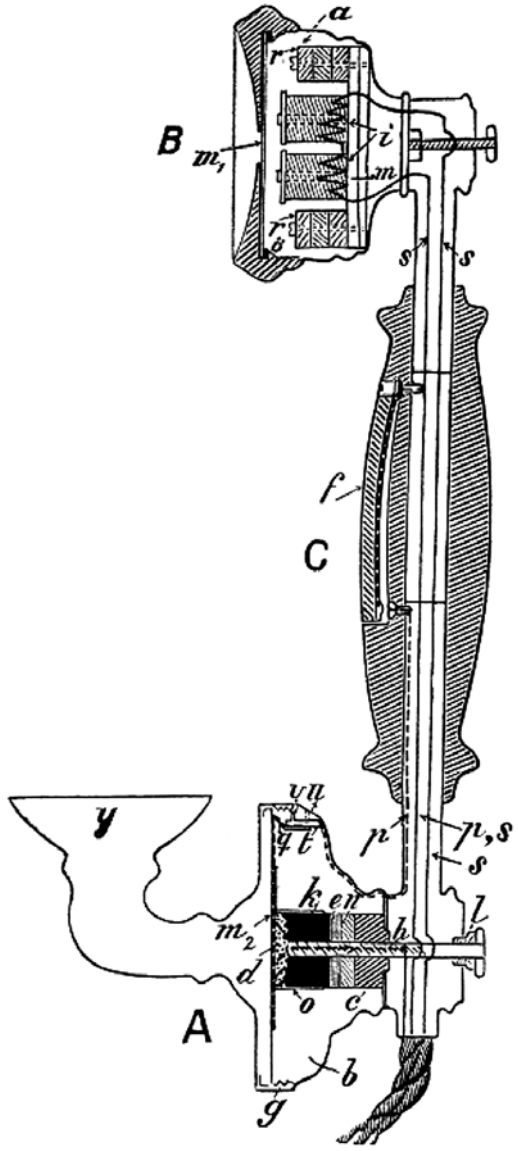
Etter 1945 dreies også omtalen av atom- og kjernefysikken over i en mer praktisk og teknologisk retning med behandling av halvlederteori og uranreaktorer. Dette reflekterer igjen noe av mentaliteten blant de herskende teknokratene på 1950-tallet som for eksempel Gunnar Randers. Atomteknologi skulle være en spydspiss i utviklinga av Norge som teknologimakt.[5]

Emnene som Isaachsen tar opp representerer ellers det Thomas Kuhn kaller normalfysikk.[6] "Bindestreksfysikk", som astrofysikk og geofysikk, behandles i liten eller ingen grad. Elementærpartikkelfysikk får heller ikke særlig plass til tross for den oppblomstringa dette området fikk mot slutten av 1950-tallet. Dermed forsvinner også en mulighet læreboka hadde hatt til å vise at også kollektive arbeidsformer spiller en viktig rolle i fysikk. I stedet fester det seg et inntrykk av at fysikk er et fag som bedrives av mannlige enkeltindivider, og som beveger seg framover jevnt og trutt. Alternative teorier til det til enhver tid herskende paradigme, forbigås i stillhet. For eksempel blir diskusjonene på 1930-tallet om kvantemekanikkens filosofiske stilling ikke tematisert. Det er hele tida det reint vitenskapelige ved atom- og kvantefysikken som behandles.

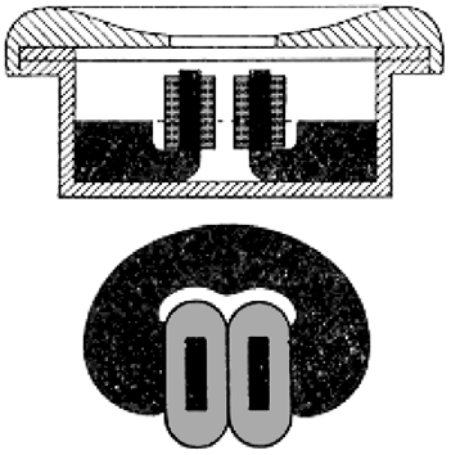
Fra de aller første utgavene etter 1905 hvor det fantes egne avsnitt med historisk stoff, så forsvinner dette mer og mer inntil det med nød og neppe kan observeres i form av fotnoter i de siste utgavene fram mot 1969. En del klassiske eksperimenter omtales riktignok fortsatt, men fysikkfaget blir ikke satt inn i noen historisk eller sosial sammenheng. Omtalen av personer (som er menn, med Marie Curie som det obligatoriske kvinnelige alibi) blir for eksempel sjelden mer enn et navn med et fødsels- og et dødsår. Konsekvenser av anvendelser av fysikkens oppdagelser, som for eksempel virkningen av radioaktiv stråling, nevnes ikke. Dette kan tolkes som at fysikkfaget etter hvert blir seg sjøl nok. Fra åra rundt 1900 hvor realfaga måtte sloss for å bli godtatt som ordentlige gymnasfag på linje med humaniora, og hvor henvisning til fysikkens historiske dimensjon kunne være en måte å legitimere faget på, så behøver ikke lenger fysikken på 1960-tallet å legitimere seg som et kulturfag. Dets status og betydning for samfunnet trekkes ikke i tvil. Det kan i denne forbindelse være fristende å se på innføringa av "historisk fysikk" i dagens skolefysikk som et forsøk på å gi fysikkfaget ny legitimitet i ei tid hvor skolefysikken sliter med å trekke til seg elever.

Retorikk

Retorikken i Isaachsens lærebøker, både når det gjelder tekst og illustrasjoner, blir stadig fattigere. Dette er del av en tendens som også finnes i mer reint vitenskapelige tekster fra 1900-tallet.[7] Illustrasjonene blir mindre ornamenterte. De går fra det detaljerte og forseggjorte til det skjematiske og abstraherte, eller sagt på en annen måte, fra det partikulære til det generelle. I de første utgavene finnes estetisk vakre og detaljrike tegninger som gjengir nærmest hver skrue i apparatur som illustreres. Særlig gjelder dette i forbindelse med nye instrumenter av vitenskapelig betydning som spektroskopet, eller av nye praktisk anvendbare oppfinnelser innafor elektromagnetismen som telefonen. Det er her en virkelighetens retorikk som dominerer. Slike illustrasjoner kan også bidra til å vekke begeistring og engasjement hos leseren. I de seinere utgavene blir imidlertid de detaljerte tegningene etter hvert erstatta av mer skjematiske figurer som nærmest framstår som uforståelige for en uinnvidd. Sammenlign illustrasjonene av telefonen i 1905- utgava og 1969-utgava, figur 1 og figur 2.



Figur 1. Telefon i 1905-utgava av Isaachsens lærebook.



Figur 2. Telefon i 1969-utgava av Isaachsens lærebook.

Riktignok tas fotografiet i økende grad i bruk som illustrasjonsform, men antall fotografier blir aldri særlig stort. Fotografiet benyttes på fenomener som vanskelig lar seg illustrere ved andre hjelpemidler (tåkekammerspor og spektra), eller til å "fryse" raske bevegelser. Samtidig illustrerer fotografiene i lærebøkene fenomen fra den moderne fysikken og brukes dermed til å signalisere det nye og viktige. De overtar derved noe av rollen til de tidligere detaljerte tegningene. Men det er en abstrakt og vitenskapelig form for fotografi som benyttes. Et fotografi av et tåkekammerspor viser for eksempel linjer og punkter som er uforståelige for lekfolk. Presisjonens retorikk kommer etter hvert til å dominere på bekostning av en virkelighetens retorikk. Illustrasjonene appellerer ikke lenger til følelsene (*patos*), men til fornuften (*logos*). En økende bruk av grafer gir også inntrykk av at fysikk handler om matematiserbare størrelser.

I alle utgavene er innslaget av mennesker i illustrasjonene svært lite. Dette fraværet av mennesker skaper et inntrykk av at fysikkens verden er fri for menneskelig påvirkning, og at den handler om en objektiv verden "der ute". Læreboka framstiller et idealisert bilde av fysikken og dens eksperimenter, ikke den virkeligheten som finnes i et laboratorium. Dersom hensikten med de realistiske tegningene av instrumenter er å vise faktisk eksisterende apparatur som kan anvendes, svekkes dette ved slike mennesketomme illustrasjoner. Mangelen på mennesker gjør også at illustrasjonene går glipp av en måte å involvere elevene i teksten på. I den grad mennesker er involvert er disse "grå menn i dress". Det er læreren og ikke eleven, som avbildes.

Forfatterne blir mindre synlige i teksten både ved at bruken av pronomener dreies i retning av tredjepersons framfor førstepersonsformer, og ved at det blir færre vurderende og kommenterende utsagn fra forfatterne. Formuleringer som appellerer til følelser framfor fornuft minker, og det samme gjør bruken av metaforer. Matematisk formalisme og tekniske termer utgjør etter hvert en større del av teksten.

Alt dette fører til at inntrykket av hva fysikk er, forandres. Fysikkfaget framstår etter hvert som mer abstrakt og teoretisk, og forutsetter i større grad lesere som er i stand til å forstå en rein fagtekst og skjematiske illustrasjoner. Fysikk er et fag som bygger på sikre teorier og verifiserbar informasjon. Fakta og verdier er fullstendig atskilte, og det er bare det som kan måles og telles som framstår som virkelig. Det er argumenter basert på fornuft (*logos*) og autoritet (*etos*) som dominerer. I den grad

patos forekommer i lærebøkene synes dette særlig å bli benytta i historisk stoff. For eksempel finnes det flere klart verdilada utsagn i gjennomgangen av kontroversen om lysteorier. Når det historiske stoffet stadig krympes fører dette dermed til mindre bruk av patos i teksten.

Danningsidealer

Ei lærebok uttrykker forskjellige danningsidealer, og vil som regel avspeile ulike og til og med motstridende, danningsidealer; men ett ideal vil oftest være mer framtredende enn et annet i en bestemt historisk periode. Den klassiske inndelinga innafor pedagogikk er i ferdigheter, kunnskaper og holdninger. Til disse kan det knyttes tre danningsidealer, nemlig *formativ danning* som går på å utvikle ferdigheter, *figurativ danning* hvor faktakunnskap er det sentrale og *operativ danning* hvor målet er kritiske og reflekterende individer.[8]

De forskjellige danningsidealene kommer til syne både gjennom valg av emner og gjennom de retoriske virkemidlene som benyttes. Etter hvert som de mer dagligdagse anvendelsene av fysikken får mindre plass, fører dette til ei dreining fra et formativt mot et figurativt danningsideal. Den samme virkninga får den stadig "fattigere" og mer presise retorikken som etter hvert utvikler seg i tekst og illustrasjoner.

Innafor de forskjellige emnene vi har sett på, står det formative danningsidealet sterkest i avsnitt som behandler klassisk fysikk som Newtons lover, mens det figurative idealet viser seg tydeligst i avsnitt som behandler nyere fysikkemner, som induksjon. Et formativt danningsideal knyttes da også ofte til det førmoderne, mens et figurativt danningsideal knyttes til moderniteten. Etter hvert som mer moderne stoff fortrenger eldre stoff, fører dette til at lærebøkene samla sett framstår som stadig mer prega av et figurativt danningsideal. Når det historiske stoffet fjernes, forsvinner også noe av det formative inntrykket. Det operative idealet som gjerne forbindes med postmoderniteten, er det som er minst til stede i lærebøkene.

De siste utgavene av Isaachsens lærebok speiler et bilde av det norske samfunn som stadig mer rasjonelt og teknokratisk, og hvor for eksempel samfunnsmessige konsekvenser av fysikken er et ikketema. Dette passer inn i en periode hvor Norge bygges og industrialiseres, og hvor det hersker stor politisk enighet om de sentrale spørsmål i samfunnet. Isaachsens fysikk framstår mot slutten av 1960-tallet som dominert av et syn hvor teoretisk kunnskap er det sentrale, og hvor et figurativt danningsideal dominerer.

Oppsummering

Jeg har i denne artikkelen forsøkt å peke på hvordan et læreverk i fysikk er påvirka av både faglige og sosiale faktorer. Slike påvirkninger kommer til uttrykk både gjennom hvilke emner som behandles, og hvordan framstillinga skjer gjennom bruk av forskjellige retoriske virkemidler i tekst og illustrasjoner.

Isaachsens lærebøker fikk etter hvert konkurranse fra andre læreverk. Mest kjent er kanskje *Bruun og Deviks lærebøker.* Disse hevdes ofte å stå for et annet fysikk-pedagogisk syn enn Isaachsens, ved at de mer tok utgangspunkt i elevenes egne erfaringer. Det bildet av skolefysikken som jeg mener å se at Isaachsens lærebøker tegner for den aktuelle perioden, blir da sjølsagt å betrakte som et "partsinnlegg", men forhåpentligvis kan det også være et bidrag til videre forskning. Sjøl om lærebokhistorie er et voksende forskningsfelt i Norge, er det gjort få historiske studier av lærebøker i realfag generelt og fysikk spesielt. Personlig kjenner jeg bare til ei hovedoppgave, av John Engeseth, om fysikkundervisning i realgymnaset 1875–1933.[9] Det er derfor behov for flere studier av fysikklærebøker, både med tanke på innhold og framstillingsform. Fysikklærebøker er en viktig del av vår kulturhistorie.

Referanser

1. Trond Harkjerr: *Skolefysikken i saksen til Isaachsen. En studie av Isaachsens lærebøker i fysikk for realgymnaset 1903–1069.* Hovedoppgave i idéhistorie, Institutt for kulturstudier, Universitetet i Oslo (2002)
2. Daniel Isaachsen: *Lærebog i fysik for realgymnasiet og tekniske skoler. 2den omarbeidede udgave.* Kristiania: Det Norske Aktieforlag (1905)
3. Daniel Isaachsen: *Lærebok i fysikk for realgymnaset II. Syttende utgave ved Johan Holtsmark.* Oslo: Aschehoug (1969)
4. Helge Kragh: *Quantum Generations. A History of Physics in the Twentieth Century.* Princeton, NJ: Princeton University Press (1999)
5. Rune Slagstad: *De nasjonale strateger.* Oslo: Pax (1998)

Fortsetter side 19.

Fra Fysikkens Verden

65. årgang
2003

Norsk Fysisk Selskap
Oslo 2003

ISSN-0015-9247

Innhold FFV 2003

Nr. 1:

Fra Redaktørene 2
In Memoriam 2
Nils Skogen
Torger Holtsmark
Eberhart Jensen
Oddbjørn Engvold og Per Maltby
Nytt fra NFS 4
Fysikermøtet 2003
Fysikknytt 4
Øyvind Grøn: Universets alder er bestemt
Kjell Brønstad og Arne Solberg:
Gammastrålingssatellitt i bane
Turbulens og turbulent diffusjon
J. Mann, S. Ott, H.L. Péceli m.fl. 6
ESS – Den europeiske spallasjonskilden for nøytroner
Olav Steinsvoll 12
Indeks FFV 2002 15
Drivhuseffekten – Liten tue kan velte stort lass!
Ingolf Kanestrøm 22
Fysikk i skolen 25
Rolf V. Olsen: "Realfag, naturligvis!"
UFDs strategi for styrking av realfagene
John Grue: Nettbasert læring i trigonometri
og elementær bølgefysikk i vgs
Bokomtale 27
Robert Osserman: Universets poesi.
En matematisk oppdagelsesferd i kosmos.
Pax Forlag A/S, 2001.
Kommentar 28
Johan Moan: For negativ bokomtale
Nye Doktorer 29
Dr.scient. Joakim Bergli
Dr.philos. Petras Juzenas
Dr.scient. Halvor Møll-Nilsen
Dr.scient. Svetlana Ratynskaia
Dr.ing. Tor Erling Unander
Trim i FFV 31

Nr. 2/3:

Fra Redaktørene 34
FFV Gratulerer 34
Kongens gullmedalje til Alv Egeland
Jøran Moen
Allforskprisen til Kristian Fossheim
Redaksjonen
Norsk Fysisk Selskap – 50 år
Thormod Henriksen 36
Norsk Fysisk Selskap i 2003
Steinar Stapnes 47
Kosmologiens utvikling de siste 50 årene
Øyvind Grøn 49
Den mirakuløse superleiaren
Kristian Fossheim 52
Transistorer og integrerte kretser
Erik Stensrud Marstein 57
Laseren – historikk, prinsipper og bruk
Knut Stenersen 61
Utviklingen i partikkelfysikk de siste 50 år
Lars Bugge 66
Fysikkens fremtid?
G.T. Einevoll, P.B. Lilje og C.A. Lütken 70
Nytt fra NFS 80
Fysikermøtet 2003
Bokkronikk: Brenda Maddox: Rosalind Franklin –
The Dark Lady of DNA.
Harper Collins Publishers, 2002.
Ingolf Kanestrøm 80
Bokomtale 83
Internett: www.fysikknett.no
I regi av Norsk Fysisk Selskap
med støtte fra Norges forskningsråd.

Nr. 4:

Fra Redaktørene 86
FFV Gratulerer 86
Otto Øgrim æresmedlem i NFS
Simradprisen til Gunnar Arisholm
Birkelandprisen til Johan Moan
Undervisningsprisen til Bjørn Bjørneng
Redaksjonen
ALOMAR - Atmosfæreforskning
ved Andøya Rakettskytefelt
Eivind V. Thrane og Ulf-Peter Hoppe 89
Fysikkolympiadens finaledeltakere
Øystein Guttersrud og Carl Angell 95
Lars Onsager – 100 år
Per Chr. Hemmer 99
Nobelprisen i medisin 2003
Thormod Henriksen 102
Fysikknytt 105
Øyvind Grøn: Trykkbølger og svarte hull
Bokomtaler 106
Michael White: Newton. Den siste trollmannen.
N.W. Damm & Søn, 2002.
Sören Törnkvist: Fysik per vers.
En trippel Newton och andra sånger.
Bokförlaget Nya Doxa, 2. opplag, 2002.
Nye Doktorer 109
Ph.D. Eivind Almaas
Dr.ing. Dag W. Breiby
Dr.scient. Jon Eriksen
Dr.scient. Marianne Koritzinsky
Dr.scient. Jan Petter Mæhlen
Dr.scient. Kari Schjølberg-Henriksen
Dr.ing. Hans Magne Ådland
Nytt fra NFS 112
Biofysikkmøtet 2004
Fysikermøtet 2003
Nye medlemmer
Trim i FFV 115

∞

Forfatterregister 2003

Brønstad, Kjell og Arne Solberg:
Gammastrålingssatellitt i bane 5
Bugge, Lars:
Utviklingen i partikkelfysikk de siste 50 år 66
Einevoll, G.T., P.B. Lilje og C.A. Lütken:
Fysikkens fremtid? 70
Einevoll, Gaute:
Nytt fra NFS: Biofysikkmøtet 2004 112
Engvold, Oddbjørn og Per Maltby:
In Memoriam: Eberhart Jensen 3
Fossheim, Kristian:
Den mirakuløse superleiaren 52
Grue, John:
Fysikk i skolen: Nettbasert læring i trigonometri
og elementær bølgefysikk i vgs. 26
Grøn, Øyvind:
Fysikknytt: Universets alder er bestemt 4
Grøn, Øyvind:
Kosmologiens utvikling de siste 50 årene 49
Grøn, Øyvind:
Fysikknytt: Trykkbølger og svarte hull 105
Guttersrud, Øystein og Carl Angell:
Fysikkolympiadens finaledeltakere 95
Hemmer, Per Chr.:
Lars Onsager -100 år 99
Henriksen, Thormod:
Norsk Fysisk Selskap – 50 år 36
Henriksen, Thormod:
Nobelprisen i medisin 2003 102
Holtsmark, Torger:
In Memoriam: Nils Skogen 2
Johnsson, Anders:
Bokomtale: Sören Törnkvist: Fysik per vers.
En trippel Newton och andra sånger.
Bokförlaget Nya Doxa, 2. opplag, 2002. 107
Kanestrøm, Ingolf:
Drivhuseffekten – Liten tue kan velte stort lass! 22
Kanestrøm, Ingolf:
Bokkronikk: Brenda Maddox: Rosalind Franklin –
The Dark Lady of DNA.
Harper Collins Publishers, 2002. 80
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Robert Osserman: Universets poesi.
En matematisk oppdagelsesferd i kosmos.
Pax Forlag A/S, 2001 27
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Michael White: Newton.
Den siste trollmannen.
N.W. Damm & Søn, 2002. 106
Mann, J., S. Ott, H.L. Péceli, I.M. Péceli og J. Trulsen:
Turbulens og turbulent diffusjon 6
Marstein, Erik Stensrud:
Transistorer og integrerte kretser 57
Moan, Johan:
Kommentar: For negativ bokomtale 28
Moen, Jøran:
Gratulerer: Kongens gullmedalje til Alv Egeland 34
Moen, Jøran:
Nytt fra NFS: Fysikermøtet 2003 80
Olsen, Rolf V.:
Fysikk i skolen: "Realfag, naturligvis!" –
UFDs strategi for styrking av realfagene 25
Stapnes, Steinar:
Norsk Fysisk Selskap i 2003 47
Steinsvoll, Olav:
ESS – Den europeiske spallasjonskilden for nøytroner . 12
Stenersen, Knut:
Laseren – historikk, prinsipper og bruk 61
Thrane, Eivind V. og Ulf-Peter Hoppe:
ALOMAR Atmosfæreforskning
ved Andøya Rakettskytefelt 89
Øgrim, Otto:
Bokomtale: Internett: www.fysikknett.no
I regi av Norsk Fysisk Selskap 83

∞

6. Thomas S. Kuhn: *The Structure of Scientific Revolutions. Second Edition, Enlarged.* Chicago, IL: University of Chicago Press (1970)
7. Charles Bazerman: *Shaping Written Knowledge: The Genre and Activity of the Experimental Article in Science.* Madison, WI: University of Wisconsin Press (1988)
8. Per Inge Båtnes: *En modell for lærebokstudiet. Lærebøkenes danningsidealer som normsettere for kunnskapsformidling.* I Egil Børre Johnsen, red.: *Virkelighetens forvaltere. Norsk sakprosa. Første bok.* Oslo, Universitetsforlaget (1995) 92–108.
9. John Engeseth: *Fysikkundervisning i realgymnaset 1875–1933. En studie av undervisningsplaner, lærebøker og eksamensoppgaver med vekt på varmelære.* Hovedoppgave ved fysisk institutt, Universitetet i Oslo (1984)

∞

Magnetiske kuler og kaffisøl

Lars Egil Helseth *

Magnetiske kuler har dei siste 20 åra fått stor betydning innan medisin og kolloidkjemi, og blir truleg endå viktigare i framtida. Fleire norske forskarar har bidratt vesentleg til denne utviklinga, m.a. Arne Skjeltorp og John Ugelstad. Skjeltorp oppdaga såkalla magnetiske hol, og har brukt desse som modellar for å forklare komplekse system. Ugelstad var ein pionér innan forskning på monodisperse kuler, og demonstrerte på slutten av 1970-talet korleis slike kuler kan lagast på ein effektiv måte. Fruktene av hans arbeid ser ein no t.d. gjennom det norske selskapet Dynal Biotech, som produserer magnetiske kuler for m.a. biomagnetisk separasjon.

Dei magnetiske kulene har gjerne ein diameter på mellom 0,1 og 10 μ, og kan difor berre observerast ved hjelp av mikroskop. Ved å blande polymermateriale og jernoksid, kan ein lage paramagnetiske kuler, dvs. kuler som berre er magnetiske i eit ytre magnetfelt. Denne eigenskapen gir mange moglegheiter også i fysikkens verden, t.d. er det mogleg å måle krefter ned mot 1 fN (10^{-15} N), og studere mikroskopiske variasjonar i eit magnetfelt. Dessutan kan dei brukast til å for klare kvifor kaffisøl alltid dannar karakteristiske ringar når det tørkar. Her vil eg vise to eksempel på korleis ein kan dra nytte av magnetiske kuler til å studere fysikk på mikroskopisk nivå.

*Max Planck Institutt for Kolloider og Grenseflater, Potsdam, Tyskland.

Magnetiske kuler

Dersom ein plasserer ei paramagnetisk kule i eit inhomogent magnetfelt, vil det verke ei kraft på kula. Her er det nyttig å tilnærme kula med ein magnetisk dipol som har energien

$$E = -\mu \vec{m} \cdot \vec{H},$$

der μ er permeabiliteten til det omliggjande mediet (t.d. luft eller vatn), $\vec{m}$ er det magnetiske momentet til kula, og $\vec{H}$ er det ytre magnetiske feltet. Sidan kula er paramagnetisk, så kan ein for små felt bruke følgjande relasjon mellom det magnetiske momentet og det påtrykte feltet:

$$\vec{m} = \frac{4\pi}{3} a^3 \chi \vec{H},$$

der a er kula sin radius og χ den effektive susceptibiliteten.

La oss no rekne ut krafta som verkar på kula dersom ho opplever feltet frå ein rett straumleiar med straumstyrke I, der feltlinjene dannar sirklar om leiaren og amplituden er gitt ved

$$H = \frac{I}{2\pi r}.$$

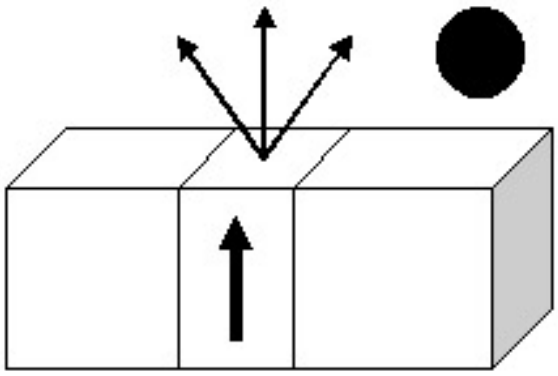
Her er r den radielle avstanden frå straumleiaren. Sidan feltet alltid aukar innover mot straumleiaren, vil den paramagnetiske kula bli tiltrekt av denne, og krafta peikar difor radielt innover mot leiaren. Dermed fungerar straumleiaren som ein potensialbrønn. Krafta på kula er gitt ved den deriverte av energien på følgjande måte:

$$F = -\frac{dE}{dr} = -\frac{2\mu}{3\pi} I^2 \chi \left(\frac{a}{r}\right)^3.$$

Storleiken på krafta kan ein bestemme ved å variere straumen eller radiusen til kula. Ved å setje $I = 1$ mA, $\chi = 0,1$, $r = a$ og $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ NA^2, får ein $F = 30$ fN, som er ei ganske lita kraft.

Dersom ein har ein tynn nok straumleiar, er det i prinsippet ikkje vanskeleg å generere sterkare krefter, men ein må hugse på at diameteren til straumleiaren må vere av same storleiksorden som diameteren på kulene, noko som gjer det vanskeleg å sende tilstrekkelege straumar med mindre leiaren er superleiande.

Ein alternativ måte å generere tilstrekkelege krefter på er å bruke mikroskopiske magnetar. Med dagens litografiske teknologi er det nokså enkelt å lage magnetar med storleik ned mot 1 μm. Dersom magnetiseringa i ein slik magnet er stor nok, vil ein kunne generere krefter på opptil 1 nN (10^{-9} N). Det viser seg likevel at naturen er så genial at han kan lage slike mikromagnetar for oss, utan at me treng løfte ein finger! Det har seg nemleg slik at i ein tynn magnetisk film vil alltid den "magnetiske" energien prøve å leggje magnetiseringsvektoren i filmplanet. Dette er analogt med ein lang stavmagnet der magnetiseringsvektoren ligg langs aksen til magneten. Energimessig er det ikkje fordelaktig for filmen å ha same magnetiseringsretning overalt, så den vil heilt spontant dele seg opp i regulære domener, der kvar domene har si eiga magnetiseringsretning i filmplanet. Storleiken på disse domenene varierer frå nokre få mikrometer opptil fleire centimeter, alt etter kva for slags materiale ein brukar. I skiljet mellom to domener finn me alltid ein sokalla domenevegg, som er ein kontinuerleg rotasjon av magnetiseringsvektoren frå eitt domene til eit anna. Den typiske breidda på ein slik domenevegg varierar frå nokre få nanometer opptil ein mikrometer, medan lengda kan bli opptil fleire centimeter. Domenene i seg sjølv produserer ikkje noko særleg magnetfelt utanfor filmen. På den andre sida "lek" feltet ut frå



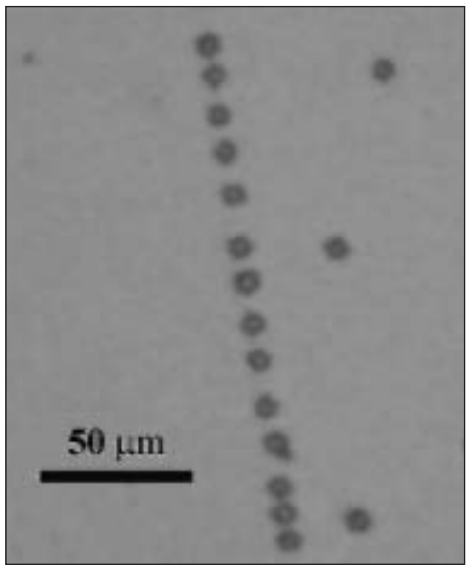
Figur 1. Domeneveggen fungerar som ein lang, tynn stavmagnet der den tjukke pila viser magnetiseringsretninga. Den svarte sirkelen er den magnetiske kula.

domeneveggen sidan magnetiseringsretninga peikar ut av filmplanet i dette området. Dermed verkar denne som ein naturleg mikromagnet.

Ei skjematisk framstelling av verkemåten er vist i figur 1, der domeneveggen er teikna som ein lang, tynn stavmagnet. Tjukkleiken på filmen er her sterkt overdriven; i realiteten er han svært tynn samanlikna med lengda og breidda på filmen. Nokre feltlinjer er teikna inn, og det er klart at ein slik magnet ikkje har same feltstruktur som ein straumleiar. Likevel går det an å vise at det matematiske uttrykket for krafta på ei paramagnetisk kule har omtrent same form som den me fann for straumleiaren. Difor vil også ein domenevegg verke som ein potensialbrønn for magnetiske kuler, på tilsvarande måte som straumleiaren. Det fine med domeneveggen er at ein lett kan generere krefter på over 1 nN, noko som er nokså stort i mikroverda. I tillegg er det mogeleg å flytte "veggen" raskt fram og tilbake ved hjelp av eit lite, påtrykt homogent magnetfelt. Faktisk kan variasjonar i feltet frå jordkloden gje opphav til forflytting av domeneveggar i enkelte materialar!

I figur 2 ser me eit eksempel på kva som skjer dersom ein plasserar ein drope med vatn iblanda magnetiske kuler like over ein domenevegg. Kulene blir fanga i potensialbrønnen og kjem til ro like over domeneveggen der den magnetiske energien er minimal. Etter kvart som fleire kuler blir fanga opp, blir kuletettleiken større, og me får eit kulekjede slik som vist i figuren. Sidan desse kulene er svært små, vil den termiske energien sørge for at dei er i konstant, tilfeldig rørsle. Dette fenomenet vert kalla brownske rørsler, og vart for første gong forklart av Einstein i 1905.

No er det slik at kulene våre ikkje har høve til å flytte seg på tvers av potensialbrønnen, sidan



Figur 2. Kulene ligg på ei rett linje langs domeneveggen. Ein kan også sjå tre kuler som er på veg mot veggen.

brønnen held dei på plass. Dei kan likevel flytte seg parallelt med domeneveggen, og dersom partikkeltettleiken i kulekjeden er liten, observerar me at kvar partikkel stort sett beveger seg uavhengig av dei andre og vil gjerne diffundere frå høg til låg partikkeltettleik. Me har då eit eksempel på normal eindimensjonal diffusjon. På den andre sida, dersom kuletettleiken vert høgare, kan me observere at kulene kolliderer med kvarandre, og difor endrar diffusjonsmønsteret seg kraftig. Ein kan tenkje seg at dette er prosessar som finn stad mange stader i naturen. Eit eksempel er ein ionekanal, som er ein tynn kanal der berre få ioner kan flytte seg i gongen. Ionekanalane er sentrale ved sending av elektriske impulsar i kroppen, så det er difor viktig å forstå korleis ionene diffunderar her. Vår magnetiske potensialbrønn kan brukast som modellsystem for dette formålet. Det skal også nemnast at dei magnetiske kulene kan dekkjast med ladning for å simulere ioner ($COOH^-$ dekkjer kulene vist i figur 2). Slik kan ein altså lage seg enkle observerbare system for å forstå noko meir komplekst, i dette tilfellet ein ionekanal i kroppen vår.

Kuler og kaffisøl

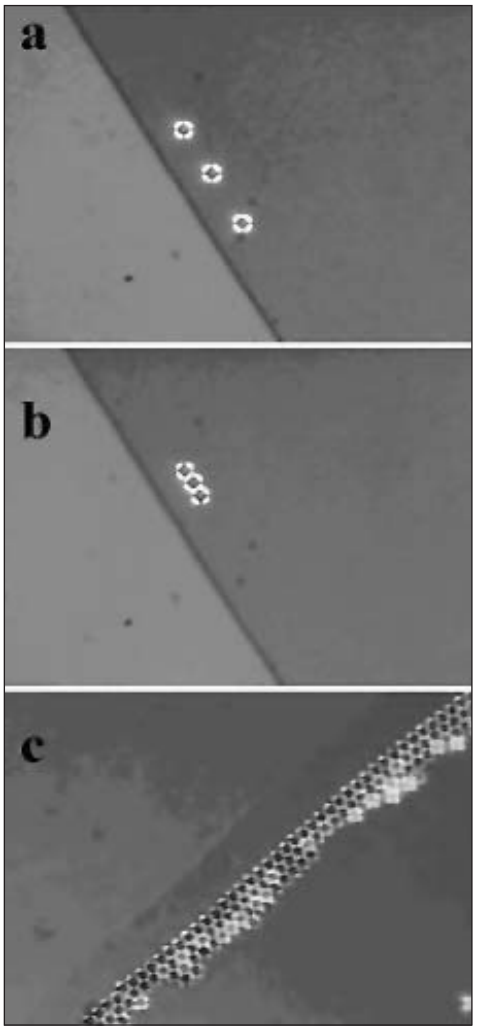
Dei siste 10 åra er to moteord, *nanoscience* og *self-assembly*, blitt svært populære, spesielt dersom ein kan kombinere desse. Det siste ordet betyr rett og slett at noko set seg saman av seg sjølv, og det vil ofte vere fordelaktig for då slepp ein å bruke tid og krefter på den oppgåva. No er vel mennesket og naturen i seg sjølv det beste eksempelet me har på selfassembly, men det er mogeleg å finne slike kunstige system. Eit slikt system er dropen med kaffi du søler medan du les denne artikkelen. I denne dropen er det mange små kaffipartiklar. Når dropen fordampar, vil kontaktlinja ofte bli verande på same staden, fastlåst av ujamnheiter i kaffibordet. Dermed må væske strøyme mot dropen si kontaktlinje for å kompensere for tapt væske i dette området. Dette er vist i figur 3, der den heiltrekte lina viser forma på den opphavelege dropen, medan den stipla linja viser korleis dropen blir etter noko fordamping. Pilene indikerar korleis væska strøymer mot kontaktlinja. Dermed vil også partiklane følgje væska, og etter kvart blir den karakteristiske svarte kaffiringen danna. Tru det eller ei, dette tilsynelatande enkle fenomenet blei for første gong forklart av forskarar i 1997![1]



Figur 3. Kontaktlinja er låst fast av ujamnheiter i kaffibordet, og vatn strøymer mot kontaktlinja medan dropen fordampar.

Ofte kan ein også observere at kontaktlinja ikkje ligg fast, men då held dropen på forma medan kontaktlinja flyttar seg. Væska kan også i dette tilfellet strøyme mot kontaktlinja, men dette avheng av farten til kontaktlinja. Det er enno mange ting som ikkje er forstått, for eksempel korleis kaffipartiklane trekkjer mot kvarandre ved kontaktlinja, og ikkje minst kva slags krefter som verkar.

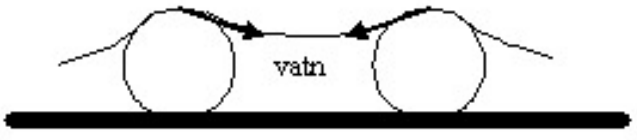
La oss difor lage ein meir kontrollert variant av dette fenomenet ved å substituere magnetiske kuler i staden for kaffi, og observere dei med eit mikroskop. Like etter at dropen treff glasplata (eg brukar glasplate i staden for kaffibord) vil kulene virre rundt nokså tilfeldig. Etter at den verste turbulensen har gitt seg, byrjar dei å strøyme ut mot kontaktlinja der dei kjem til ro i ein viss avstand frå denne. Dette kan ein sjå i figur 4a, der tre kuler er plasserte noko frå kvarandre. Sidan kulene er hydrofile (fordi dei er dekte med ei syregruppe), ligg dei stort sett inne i vassdropen med berre ein liten del over vasskorpa. Dermed vil det verke ei tiltrekkjande kapillarkraft mellom kulene,



Figur 4. Ulike stadier i "selfassembly" av ein magnetisk krystall i ein vassdrope, som også kan forklare kvifor den velkjende kaffiringen blir danna. Kvar kule har ein diameter på ca. 3 μm.

og denne er omvendt proporsjonal med avstanden mellom dei, dvs. til nærare kulene kjem einannan, til større er krafta mellom dei. Dette kan ein forstå ved å kikke på figur 5, som er ei omtrentleg framstilling av prosessen. Her ser ein at effekten av at to kuler kjem saman er at vassoverflata mellom dei blir heva, og at kapillarkrafta får ein større horisontal komponent. Etter kvart som fleire og fleire kuler strøymer mot kontaktlinja, vil det bli danna eit kulekjede. Når det ikkje lenger er fleire ledige plassar i dette kjedet, vil eit nytt kjede danne seg like over det første. Slik fortsetter prosessen til ein får danna ein flott krystall, slik som vist i figur 4c. Dermed kan ein enkelt vassdrope bli brukt til å lage ein nær perfekt krystall!

No kan ein kanskje lure på kva vitsen er med å bruke magnetiske kuler. Grunnen er ganske enkel: Me ønskjer å måle kapillarkrafta mellom kulene.



Figur 5. Kulene blir dradd saman av kapillarkrefter på innsida av kulesystemet. Det verkar også krefter på utsida (ikkje vist), men desse er svakare enn dei på innsida fordi kulene hevar vassoverflata. Dette forklarar endringa frå figur 4a til 4b.

Dersom kulene blir påtrykte eit homogent magnetfelt normalt på glasplata, vil dei oppføre seg som små fråstøytande dipolmagnetar der fråstøytingskrafta mellom to kuler er gitt som

$$F_M = \frac{3\mu m^2}{4\pi R^4},$$

der R er avstanden mellom kulene.

No viser det seg at relativt små magnetfelt er tilstrekkelege til å dytte kulene frå kvarandre. Ein kan få kulene til å fråstøyte einannan slik at avstanden mellom to kuler vert omtrent så stor som ifigur 4a, ved å nytte ein magnetisk induksjon på rundt 10 mT, som svarar til ei magnetisk kraft på omtrent 10 fN. Prøv å rekne ut dette sjølv ved å setje $\chi \approx 0,1$, $R \approx 8$ μm, $H = 8000$ A/m (som svarar til 10 mT), og $a = 1,5$ μm.

Dersom me held magnetfeltet konstant, vil systemet vere i likevekt, noko som betyr at den tiltrekkjande kapillarkrafta er like stor som den fråstøytande magnetiske krafta. Dette viser at kreftene som sørgjer for "selfassembly" av krystallen (eller kaffikorna) er ganske små, men avheng sjølvsagt av forma og storleiken på partiklane.

Til samanlikning kan me anta at den termiske energien til ei slik kule er omtrent 1 kT, der $k = 1,38 \cdot 10^{23}$ J/K er boltzmannkonstanten og $T = 300$ K er temperaturen til kula. I eksperimenta observerar ein gjerne små termiske fluktuasjonar i storleiksorden som kuleradiusen. Sidan kraft er definert som energiforandring per avstandsforandring, finn me at den termiske 'krafta' kan estimerast til

$$F_T \approx \frac{kT}{a} \approx 10^{-15}\, N.$$

Noko særleg mindre krefter enn 1 fN kan ein difor ikkje vente å måle presist med denne metoden. Det skal nemnast at bruken av termisk 'kraft' er noko upresis her, og er berre brukt for å få eit bilete av kor små krefter som verkar.

Eit anna interessant forsøk er å bryte opp krystallen i figur 4c ved hjelp av eit magnetfelt. Det viser seg at ein ikkje treng særleg store magnetfelt,

berre rundt $H = 16000$ A/m (20 mT) er nok. Kulene vil då fordele seg i dropen i ein viss avstand frå kontaktlinja. Denne avstanden avheng m.a. av kor sterk straumen mot kontaktlinja er, og sjølvsagt av styrken på magnetfeltet. Dersom ein skrur av magnetfeltet, vil kulene på nytt fordele seg fint slik ein ser det i figur 4c. Dermed kan me bryte opp og setje saman ein mikroskopisk krystall berre ved å skru av og på magnetfeltet. Tenk om me på denne måten også kunne styre kaffiflekken!

Eg vil gjerne takke Thomas Fischer for mangfaldig støtte og mange gode diskusjonar omkring magnetiske kuler. Eg vil også takke folka ved superleiarlaboratoriet i Oslo, då spesielt Tom Henning Johansen, for å ha gitt meg høve til å nytta magnetfilmane laga ved superleiarlaboratoriet, og for nyttige diskusjonar omkring domeneveggar.

Litteratur

1. R. Deegan et al.: *Capillary flow as the cause of ring stains from dried liquid drops.* Nature, **389**, 827 (1997)

∞

Fantomenergi og kosmisk dommedag

Øyvind Grøn og Ingunn Kathrine Wehus* **

De siste årenes målinger av rødforskyvninga og lysstyrken til supernovaer har vist at universets ekspansjonsfart øker.[1] Den eneste kraften som har betydning i kosmisk målestokk, er gravitasjonen. Derfor må vi skylde på frastøtende gravitasjon for å forklare den akselererte ekspansjonen. Dermed har muligheten for at vi lever i et univers dominert av en eller annen form for vakuumenergi som forårsaker frastøtende gravitasjon, dukket opp.[2] Den mest ekstreme formen for slik energi kalles fantomenergi.

Akselerert ekspansjon

Når vi skal beskrive den kosmiske ekspansjonen, innfører vi en skalafaktor $a(t)$ som måler avstander i universet. Å si at universet utvider seg er det samme som å si at skalafaktoren øker med tida. Likningene som beskriver universets ekspansjon, er presentert i Boks 1. Når vi titter opp på himmelen ei mørk vinternatt og ser et stort antall stjerner, så oppfattes disse i kosmisk sammenheng som partiklene i en sky av støv som fyller universet. Stjernene

Boks 1. Kosmisk ekspansjon

Ifølge likningene i de relativistiske universmodellene er den kosmiske akselerasjonen i en universmodell som er dominert av kosmisk gass eller energi med energitetthet ρ og trykk p, proporsjonal med $\rho + 3p$. Dersom energien oppfyller en tilstandslikning $p = w\rho$, er akselerasjonen

$$\ddot{a} = -\frac{4\pi G}{3}(1+3w)\rho a, \qquad (1)$$

der $\ddot{a}$ står for den annen-deriverte av skalafaktoren a med hensyn på tiden.

Hvis $\ddot{a} < 0$ avtar universets ekspansjonshastighet på grunn av tiltrekkende gravitasjon, og hvis $\ddot{a} > 0$ øker universets ekspansjonshastighet på grunn av frastøtende gravitasjon. En type energi med $w < -1/3$ vil forårsake frastøtende gravitasjon og økende ekspansjonshastighet.

Den kosmiske ekspasnjonsfarten beskrives gjerne ved hjelp av hubbleparameteren, $H = \dot{a}/a$. Ifølge den relativistiske likninga for energibevarelse, er endringa av tettheten til den kosmiske energien pr. tidsenhet gitt ved

$$\dot{\rho} = -3H(1+w)\rho \qquad (2)$$

Tettheten avtar under ekspansjonen dersom $w > -1$, er konstant hvis $w = -1$, og øker dersom $w < -1$.

*Høgskolen i Oslo og Fysisk institutt, Universitetet I Oslo

**Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

har tilfeldige bevegelser med typisk hastighet 400 km/s. Selv om dette er en stor hastighet etter menneskelig målestokk, så er det likevel en svært liten hastighet i forhold til lyshastigheten. Gassen som slik materie utgjør, sies derfor å være svært kald, og trykket er så lite at vi setter $p = 0$, eller $w = 0$. Ofte kalles slik kald gass for støv. Av likning (1) ser vi at et støvdominert univers har $\ddot{a} < 0$, dvs. den tiltrekkende tyngdekraften mellom støvpartiklene bremser ekspansjonsfarten.

I tillegg til kald materie inneholder universet lys og annen stråling der fotonene beveger seg med lyshastigheten. Stråling har et trykk $p = (1/3)\rho$, eller $w = 1/3$ (se Boks 1), som gir en negativ akselerasjon, dvs. at også strålingens gravitasjon bremser ned ekspansjonen. I dag utgjør ikke strålingen mer enn en hundredels promille av den totale energitettheten i universet.

Vakuumenergi

Verken den kalde materien eller strålingen kan forårsake den akselererte kosmiske ekspansjonen. Universet må være fylt med en ukjent form for energi som forårsaker *frastøtende gravitasjon*, og som dominerer over de kjente energiformene. Denne energien må ha merkelige egenskaper. Samtidig med at det er mer av den enn noen annen form for energi i universet, må den være helt "usynlig" for materien. Den kan heller ikke gjøre noen motstand mot materiens bevegelse gjennom den.

Kvanteteorien sier at det eksisterer en type energi som det ikke er mulig å bli kvitt, selv om man prøver aldri så mye. Materie, stråling og kraftfelter inneholder energi. Men selv om man fjerner alle disse formene for energi, sier kvanteteorien at det blir noe igjen som ikke kan fjernes, den såkalte *vakuumenergien.*

Ingen har noen gang greid å måle hastighet i forhold til vakuumenergien. Men kanskje dette ikke er mulig i det hele tatt? I så fall må alle egenskapene til vakuumenergien være like målt i referansesystemer med forskjellig hastighet. Slike systemer er knyttet til hverandre med lorentztransformasjoner. Vi snakker derfor om Lorentz- Invariant Vakuum-Energi, LIVE.

Hvis man regner ut trykket til den ukjente energien ut fra kravet om at det ikke er mulig å måle hastighet i forhold til energien, finner man $p = -\rho$.[3] LIVE har altså $w = -1$ som gir $\ddot{a} > 0$ og $\dot{\rho} = 0$, dvs. LIVE forårsaker akselerert ekspansjon og har konstant energitetthet under ekspansjonen (se Boks 2).

Boks 2. Økende vakuumenergi

Fra likning (2) ser vi at energitettheten til LIVE vil være konstant under den kosmiske ekspansjonen. Det betyr at det hele tiden blir mer og mer vakuumenergi etter hvert som universet utvider seg. Dette er tilsynelatende et brudd på prinsippet om energiens bevaring!

La oss se om termodynamikkens 1. hovedlov er oppfylt for LIVE. Loven kan skrives[4]

$$dU = dQ + dW \tag{3}$$

der $dU = d(\rho V) = \rho dV + V d\rho$ er endringen i energi innenfor et kuleskall som ekspanderer med universet, dQ er tilført varme, og $dW = -pdV$ er det termodynamiske arbeidet som omgivelsene utfører på området innenfor skallet. Når vi antar at universet er homogent, må temperaturen være den samme over alt, og $dQ = 0$. Ekspansjonen er med andre ord adiabatisk. Dermed fås

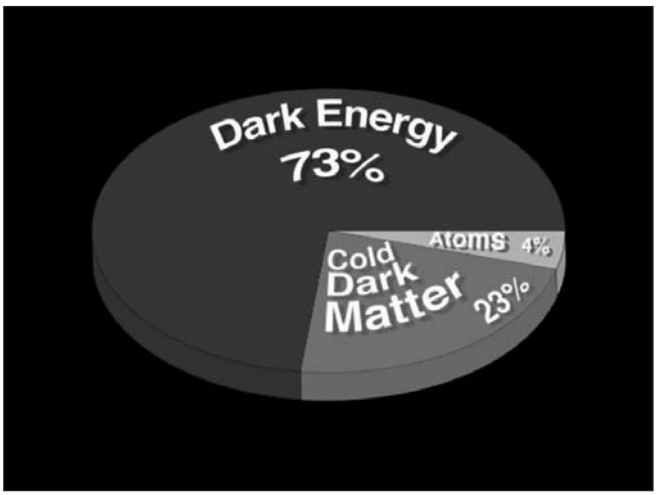
$$\rho dV + V d\rho = -pdV \tag{4}$$

som viser at hvis $p = -\rho$, så er $d\rho = 0$. Ekspanderende LIVE med konstant energitetthet oppfyller altså prinsippet om energiens bevaring. Økningen i vakuumenergi innenfor et medbevegende skall kommer fra det termodynamiske arbeidet som omgivelsene utfører på skallet.

Mørk energi

Rommets geometri avhenger av energitettheten i universet. Tettheten som svarer til at rommet har euklidsk geometri, kalles *kritisk tetthet,* ρ_{kr}. Et univers med kritisk tetthet sies å være "flatt". Målinger av temperaturvariasjoner i den kosmiske bakgrunnsstrålingen tyder på at rommet er flatt og har kritisk tetthet.[5]

Det er vanlig å oppgi tettheten til energiinnholdet i universet som brøkdelen den utgjør av kritisk tetthet, $\Omega = \rho/\rho_{kr}$. Størrelsen Ω kalles *den relative tettheten.* Målinger av masseforholdene til de letteste grunnstoffene i universet kombinert med teorien for hvordan de er blitt dannet i den kosmiske nukleosyntesen det første kvarteret etter Big Bang, har vist at den gjennomsnittlige tettheten av vanlig materie i universet bare er 4 % av den kritiske tettheten. Observasjoner av massefordelingen i stor skala, og bevegelsene av stjerner og galakser kombinert med WMAP-observasjonene av temperaturvariasjonene i universet,[6] har gitt som resultat at universet inneholder en mørk materie av ukjent natur med en tetthet som er 23 % av den kritiske tettheten. Til sammen har materien en relativ tetthet $\Omega_m = 0,27$. De resterende 73 %, som ingen aner hva er for noe, har fått merkelappen *mørk energi.* Dette er illustrert i figur 1.

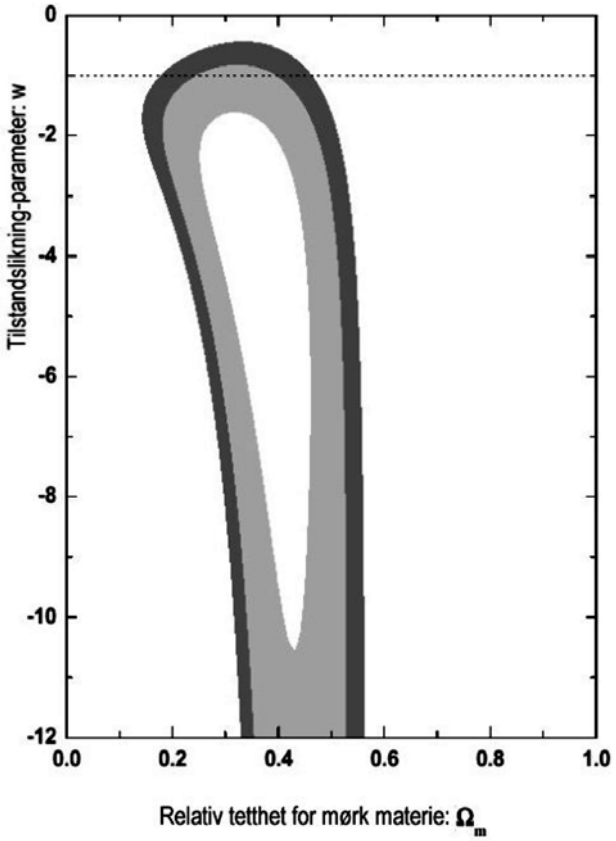


Figur 1. Energi- og materieinnholdet i universet.[7]

LIVE er en kandidat til mørk energi, men kanskje ikke den beste. Problemet med LIVE er den konstante energitettheten. Den svarer til en massetetthet på omtrent 10^{-27} kg/m^3. Denne lave masse tettheten har det ikke vært mulig å forstå.

Det ville kanskje være en større sjanse til å kunne beregne den observerte energitettheten dersom den mørke energien var dynamisk. De siste årene har man derfor undersøkt mange typer mørk energi med tidsavhengig tetthet. Dynamisk mørk energi kan også ha en tidsavhengig verdi av w. Mørk energi med $-1 < w < 1/3$, kalles gjerne *kvintessens.* Den gir opphav til frastøtende gravitasjon. Fra likning (2) ser vi at energitettheten til kvintessensen avtar under universets ekspansjon. Man kan si at LIVE er den mest ekstreme typen av kvintessens.

Hvis man beregner foretrukne verdier for w ut fra supernovaobservasjonene, og ut fra enkelte andre typer observasjoner, viser det seg at måleresultatene tillater verdier $w < -1$. Dette er vist i figur 2.



Figur 2. Foretrukket område i (w, Ω_m)-planet ut fra supernovaobservasjoner og røntgenobservasjoner av galakser.[8] Resultater av andre typer observasjoner, for eksempel målinger av temperaturvariasjoner i den kosmiske mikrobølgebakgrunnstrålingen, trekker det foretrukne området oppover mot høyere verdier av w. Men selv når alle typer observasjoner tas i betraktning, tillates verdier $w < -1$. Den horisontale, stiplede linjen markerer verdien $w = -1$. Mørk energi med $w < -1/3$ forårsaker frastøtende gravitasjon. Kvintessensenergi har $-1 < w < -1/3$, LIVE har $w = -1$, og fantomenergi har $w < -1$.

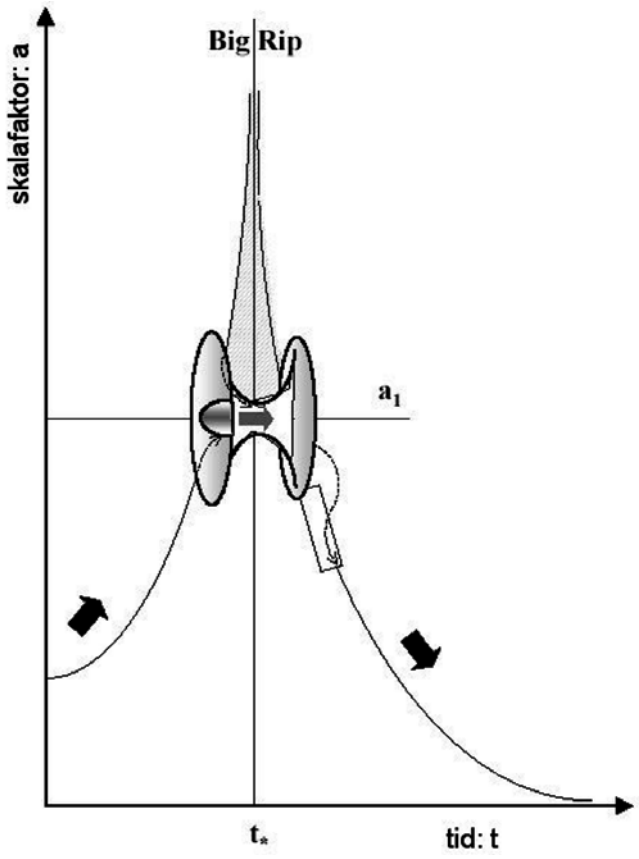
Kosmisk dommedag

Såkalt *fantomenergi* har $w < -1$. Fra likning (1) ser vi at $w < -1$ gir sterk positiv akselerasjon. Lik ning (2) viser at tettheten til fantomenergien øker under ekspansjonen. Den frastøtende gravitasjonen blir derfor sterkere og sterkere. Ved å løse likningene kan man finne at tettheten blir uendelig stor etter en endelig tid. Hele universet "revner" under påvirkning av en uendelig sterk, frastøtende gravitasjon. Dette kalles *Big Rip.* I en artikkel med tittelen "Phantom energy and cosmic doomsday",[9] har R.R. Caldwell, M. Kamionkowski og N.N. Weinberg beregnet tidsskjemaet for de siste tidenes utvikling med nåværende verdier av hubblepara meteren, $H_0 = 20$ km/s pr. million lysår, relativ tetthet av den mørke energien $\Omega_{F0} = 0,7$, og med $w = -3/2$. En milliard år før Big Rip vil den kosmiske akselerasjonen ha løst opp galaksehopene. Dermed vil vi ikke lenger kunne observere galakser utenfor Melkeveien. Når Melkeveien begynner å løse seg opp er det 60 millioner år til Big Rip. Planetene vil begynne å bevege seg vekk fra Sola 3 måneder før Big Rip. Når Jorden eksploderer er Big Rip en halv time unna. Og når vil alt dette skje? Jo, beregningene viser at hvis den mørke energien er fantomenergi med $w = -3/2$, så vil Big Rip inntreffe om 22 milliarder år!

Den skisserte kosmiske dommedag er det mest frastøtende bildet av universets utvikling som kos-

mologene hittil har pønsket ut. Det er naturlig å undres på om observasjoner av universets egenskaper utelukker at en slik skummel form for energi dominerer universet. Men de gjør ikke det. Som vist i figur 2 er det til og med noen observasjoner som favoriserer at den mørke energien har $w < -1$.

Kanskje finnes det en måte å unngå en slik kosmisk dommedag på. En mulighet er illustrert i figur 3. På grunn av den sterke frastøtende gravitasjonen i de siste tider når Big Rip nærmer seg, vil det da være mulig å konstruere et såkalt *ormehull* som ikke kollapser selv når store legemer passerer gjennom det. Ormehull representerer løsninger av likningene i relativitetsteorien som beskriver en slags tunneler gjennom tid og rom.



Figur 3. Kurven viser hvordan avstanden mellom to legemer som deltar i den kosmiske ekspansjonen, varierer med tiden i et univers med kald materie og fantomenergi. I et slikt univers øker både ekspansjonsfarten og tettheten med tiden. Ved et tidspunkt t_* blir ekspansjonsfaktoren og tettheten til fantomenergien uendelig store. Dette kalles Big Rip og vil finne sted om ca. 22 milliarder år i et univers som er dominert av fantomenergi med $w = -3/2$. Hvis man kan ta løsningene av de relativistiske likningene på alvor, vil de kosmiske avstandene avta og bli endelige etter Big Rip. I teorien er det mulig å unngå Big Rip ved å passere gjennom et ormehull, som illustrert i figuren.[10]

De relativistiske likningene anvendt på universmodeller som er dominert av fantomenergi, viser at etter Big Rip vil det kunne komme en periode der de kosmiske avstandene avtar og blir endelige. P.F. Gonzalez- Diaz[10] har vist at det er mulig å konstruere ormehull som forbinder et område før Big Rip med det samme området etter Big Rip (figur 3). Hvis man passerer gjennom ormehullet kan man komme fra tiden før Big Rip til tiden etter Big Rip uten at man behøver å passere gjennom Big Rip. Man vil da kunne leve videre i et univers som kollapser. Men på grunn av frastøtende gravitasjon går denne kollapsen stadig langsommere. Avstandene går mot null først i en uendelig fjern fremtid.

Referanser

1. Ø. Grøn: *Er universet i en tilstand av akselerert ekspansjon?* Fra Fysikkens Verden, **61**, 73-80 (1999)
2. Ø. Grøn: *Kvintessens – universets vakuumenergi.* Fra Fysikkens Verden, **63**, 9–14 (2001)
3. Ø. Grøn: *Repulsive gravitation and inflationary universe models.* American Journal of Physics, **54**, 46–52 (1986)
4. E. Lillestøl, O. Hunderi og J.R. Lien: *Generell fysikk, Bind 2.* Universitetsforlaget (2001) side 74.
5. Ø. Grøn: *Temperaturfluktuasjoner i den kosmiske bakgrunnsstrålingen.* Fra Fysikken Verden, **62**, 39–45 (2000)
6. Ø. Grøn: *Universets alder er bestemt.* Fra Fysikkens Verden, **65**, 4–5 (2003)
7. Internett: *http://map.gsfc.nasa.gov/m_mm/mr_content.html.*
8. J.S. Alcaniz: *Testing dark energy beyond the cosmological constant barrier.* Internett:*http://xxx.lanl.gov/* Preprint astro.ph/0312424.
9. R.R. Caldwell, M. Kamionkowski og N.N. Weinberg: *Phantom energy and cosmic doomsday.* Internett: *http://xxx.lanl.gov/* Preprint astro-ph/0302506.
10. P.F. Gonzalez-Diaz: *Wormholes and ringholes in a dark energy universe.* Internett: *http://xxx.lanl.gov/* Preprint astro- ph/0308382.

∞

Bokomtaler

Per Even Sandholt, Herbert C. Carlson og Alv Egeland: Dayside and Polar Cap Aurora. Kluwer Academic, Astrophysics and Space Science Library, Vol 270, 2002, ISBN 1-4020-0447-8 (287 sider).

Den statistiske fordelingen av nordlyset følger ovalformede belter rundt de geomagnetiske polene. På dagsiden ligger ovalen på 75–80 grader geomagnetisk bredde. Svalbard ligger slik til i forhold til den geomagnetiske polen at en i et tidsrom rundt vinter jevndøgn, hvor det er mørkt både på bakken og flere hundre kilometer opp i atmosfæren, kan observere nordlyset på dagsiden. Norske forskere har hatt en unik mulighet til å studere dagnordlyset og nordlys som forekommer i polkalottområdet nord for nordlysovalen ved observasjoner fra Svalbard. Tema for denne monografien er nettopp dagnordlyset og polkalottnordlyset. De tre forfatterne har spilt en sentral rolle i studiet av disse fenomenene.

Boken er delt i 6 kapitler. De tre første gir en generell innføring. Kapittel 1 gir en kortfattet historisk innledning om nordlysobservasjoner og oppfatninger om nordlyset. Kapittel 2 gir en beskrivelse av det jordnære verdensrommet og av koblingen mellom områder i magnetosfæren og dagsidenordlyset i ionosfæren. Her drøftes også hvilken innflytelse orienteringen av det interplanetariske magnetfeltet har på koblingen mellom solvinden og magnetosfæren. Kapittel 3 gir en redegjørelse for optisk nordlys skrevet i nokså populær stil.

De tre siste kapitlene utgjør den essensielle delen av boken. Kapittel 4 behandler nordlysformer og aktivitet på dagsiden, mens kapitlene 5 og 6 tar for seg morfologi og teori for nordlysbuer som er rettet fra natt mot dag ("sun-aligned arcs") i polkalottområdet. Det benyttes data fra All Sky kamera, meridiansveipende fotometre, magnetometre, inkoherent- og koherent- spredningsradarer, satellitter som måler i solvinden så vel som polarbanesatellitter. Nordlysformene som observeres på dagsiden og i polkalotten, er sterkt avhengig av om det interplanetariske magnetfeltet har en komponent rettet sørover eller nordover. Ved søroverrettet felt skjer det en magnetisk kobling (merging) mellom feltlinjer fra jorden og feltlinjer i solvinden på magnetopausens dagside. Ved nordoverrettet felt kan en få en tilsvarende magnetisk kobling på flankene av magnetopausen over polområdene. Disse prosessene forårsaker endringer i ionosfære-/ magnetosfære-elektrodynamikken som forårsaker distinkte signaturer i nordlyset. Likeså forårsaker øst-vestkomponenten til det interplanetariske feltet distinkte signaturer i nordlyset. Ut fra nordlysobservasjoner er en i stand til å dra slutninger om hvilken tilstand magnetosfæren er i og hvilke forhold en har i magnetfeltet i solvinden.

I kapittel 4 gis det en detaljert gjennomgang av 8 nordlysbegivenheter som er typiske for forskjellige forhold i det interplanetariske magnetfeltet og korresponderende tilstander i magnetosfæren. Etterpå foretas det en oppsummering av observasjonene og klassifisering av dagside nordlysformer. En drøfter nordlyset som forekommer i dagside-kløften og plasmakonveksjonen i relasjon til det interplanetariske magnetfeltet, ser på relasjonen mellom nordlyset, partikkelnedbør og plasmakilder i magnetosfærens grenselag og forbindelsen med tetthet og dynamisk trykk i solvinden.

Kapittel 5 tar for seg morfologien til nordlysbuer som orienterer seg fra natt til dag i polkalotten. Kapittel 6 tar for seg teorien for slike nordlys. Det gis en overbevisende argumentasjon for at disse nordlysbuene ofte framkommer som en følge av grenseflater i ionosfæren hvor en har en negativ divergens i det elektriske feltet, noe som forårsaker strømmer av elektroner fra magnetosfæren og ned mot iono sfæren. Kapittel 5 og 6 er de best gjennomarbeidede delene av boken. Framstillingen er logisk og grei å følge, og leseren drukner ikke i detaljer.

Enkelte deler av boken gir et litt uferdig inntrykk. Det forekommer konkrete feil og mangler i teksten, og noen av figurene er definitivt for små slik at det er vanskelig å lese angivelser på aksene eller se detaljer som diskuteres i teksten. Det hadde også vært nyttig om boken hadde en index.

Hvem bør lese boken? Dette er den første boken som gir en systematisk presentasjon av morfologi og teori for dagside- og polkalott-nordlys. Den vil således være av interesse for alle som arbeider med romfysikk, romplasma og spesielt vekselvirkningen mellom solvinden, magnetosfæren og ionosfæren. Enkelte deler av boken er forholdsvis lett tilgjengelige mens andre deler krever en stor innsats av leseren på grunn av meget stor detaljrikdom i presentasjon av observasjoner. Boken egner seg neppe som lærebok i noen større utstrekning, men bør finnes på ethvert bibliotek i fagmiljø som arbeider innen dette fagfeltet.

Johan Stadsnes

∞

Svenn Lilledal Andersen og Otto Øgrim: Triks på roterommet. Vitenskapsbiblioteket, Gyldendal Barn & Ungdom, 2003 ISBN 82-05-30550-1 (64 s)

Nytt kapittel i roteromsfysikken

Øgrim og Andersen har gledet mange – fagfysikere, lærere, elever og allmennheten for øvrig – med sine fysikkdemonstrasjoner i laboratorier, videoer og bøker. Nå har de aktive pensjonistene (Øgrim 90, Andersen 77) slått til igjen med en lekker liten fargeglad bok. Den beskriver 40 fysikkforsøk som kan gjøres med enkle dagligdagse midler hjemme på kjøkkenet (roterommet?). Forfatterne kaller forsøkene for triks, men det dreier seg ikke om tryllekunster. Det handler om enkle fysikkdemonstrasjoner som får fram pussigheter som ikke alltid er umiddelbart intuitivt forståelige.

Samtidig tilbyr de korte og konsise forklaringer som får fram noe av fysikken i fenomenene og pirrer nysgjerrigheten til videre refleksjon. Instruksjonene er gitt i både tekst og bilder, og er lettfattelige til "bruksanvisninger" å være. Men det kan nok tenkes at en må øve seg litt for å få til noen av forsøkene, iallfall om en skal opptre med dem.

Boken vil egne seg på flere trinn i grunnskolen, og forlaget har laget en oversikt over hvilke triks som passer inn i fagplanen på de ulike nivåer. Men boken vil ha appell langt ut over skolen. Her er mye morsomt for alle som er nysgjerrige på dagliglivets fysikk, og underholdning til bursdagsselskaper for barn og voksne.

Eivind Osnes

∞

Hva skjer

Merkedag i norsk fysikk

Den 6. januar var en merkedag i norsk fysikk og materialvitenskap. Ca. 90 forskere fra UiO, NTNU, Sintef, og IFE, var da samlet i Trondheim til oppstart av tre nasjonalt koordinerte forskningsprosjekter innen *funksjonelle materialer,* organisert innenfor FUNMAT-konsortiet *(http://www.funmat.no).* De tre prosjektene, finansiert av Norges forskningsråd under NANOMAT-programmet, er:

1. Oxides for future information and communication technology (IKT Oksider)
2. Functional Oxides for Energy Technology (FOET)
3. Materials for Hydrogen Technology (Hydrogen).

Totalrammen for disse prosjektene er 149,8 Mkr for perioden 2004–2006, en enestående satsing på fysikk etter norske forhold. 22 doktorgradskandidater skal utdannes, og 12 postdocs skal lønnes. Det førstnevnte prosjektet er det mest fysikktunge og spenner fra syntese og karakterisering av nanostrukturer til studier av elektronsplintring og spinnladningsseparasjon i faste stoffer.

Det er første gang man har samlet så mange forskere innen materialvitenskap og materialfysikk i Norge, for å arbeide *sammen* mot noen få felles mål. Håpet er at man ved dette skal oppnå mye mer enn summen av hva de samme forskerne kunne gjort hver for seg, og at norske forskningsmiljøer derved skal kunne bli blant verdens ledende innen forskning på funksjonelle og smarte materialer.

Ambisjonene er meget høye. Men hvis man lykkes i å gjennomføre planene, vil det resultere i en betydelig heving av norsk kompetanse innen materialfysikk og generell materialvitenskap, med vekt på funksjonelle og smarte materialer. Mer informasjon om IKT Oksider finnes på: *http://www.phys.ntnu.no/ãsudbo/WebpageIKT.* Websider for FOET-prosjektet er: *http://www.foet.no* (leder Rune Bredesen, Sintef). For Hydrogen er websider under konstruksjon (leder Bjørn C. Hauback, IFE). Oppdatert informasjon vil finnes på de nevnte FUNMAT-websidene.

Asle Sudbø
prosjektleder IKT Oksider

∞

Trim i FFV

FFVT 1/04

Napoleons problem

Klassiske trigonometrioppgaver tillater bare bruk av passer og linjal. På 1700-tallet ble ulike triks forsøkt anvendt både på linjalen (to merkede punkter, to parallelle eller vinklede linjaler) og på passeren (fast åpning, Euklids klassiske passer med variabel åpning som lukkes når den fjernes fra papiret, eller

moderne passer som "husker" åpningen når den tas opp fra underlaget).

I 1797 publiserte italieneren Lorenzo Mascheroni en bok om geometri utført kun med moderne passer, *Geometria del Compasso*, som vakte oppsikt i matematikkretser. Slik passergeometri ble oppkalt etter Mascheroni selv om det i 1928 ble oppdaget at dansken Mohr hadde publisert mange av de samme problemene allerede i 1672.

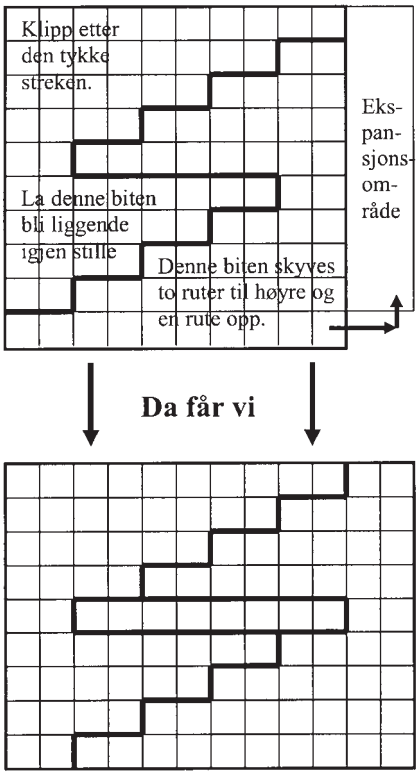
Et kjent problem i Mascheronis bok er kalt "Napoleons problem". Napoleon Bonaparte var en entusiastisk amatørmatematiker som skal ha imponert både Lagrange og Laplace, og tradisjonen sier at han foreslo dette problemet for Mascheroni.

"Napoleons problem" består i å dele en oppgitt sirkel med kjent sentrum i 4 like store buer. Dette er det samme som å finne hjørnene i et innskrevet kvadrat. Kun passer er tillatt; med linjal blir oppgaven triviell.

Løsning FFVT 4/03

Oppgaven var å dele et kvadrat med areal 10 x 10 i to slik at delene sammen med et rektangel på 1 x 8 kan fylle et rektangel med areal 9 x 12.

Løsning på klippe-oppgaven.



∞

Nye Doktorer

Berit Bungum



Cand.scient. Berit Bungum forsvarte 5. september 2003 avhandlingen *Perceptions of Technology Education. A cross-case study of teachers realising technology as a new subject of teaching*, for graden dr.scient. ved NTNU.

Temaet i avhandlingen er hvordan grunnskolelærerne oppfatter og iverksetter teknologi som undervisningsemne. Studien er viktig som grunnlag for å diskutere hvilken rolle dette emnet kan spille i norsk skole, og bidrar til forståelsen av lærere som faktor når nye ideer realiseres i skolen. Flere av våre naboland har teknologi som fag i grunnskolen, og Kvalitetsutvalget for grunnopplæringen (nedsatt av KUF) foreslår at teknologi og design opprettes som eget fag i grunnskolen også i Norge, både med tanke på rekruttering til realfaglige og teknologiske studier og som bidrag til elevenes allmenndannelse.

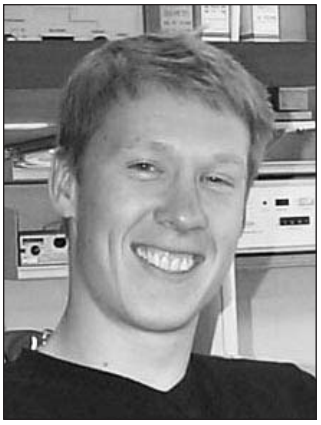
Bungum har gjort intervjuer og klasseromsobservasjoner og har analysert disse. Lærerne som var med deltar i NITOs prosjekt *Teknologi i skolen* som har hentet ideer fra England og Wales. Studien viser hvordan disse ideene er blitt omformet i samsvar med den norske skolevirkeligheten, og dokumenterer hva lærerne ser som innhold og mål for teknologi som skolefag. Videre diskuteres det hvordan teknologiundervisning påvirkes av prosjektets utforming, lærernes bakgrunn og syn på utdanning, læreplan og mer generelle kulturelle faktorer.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med førsteamanuensis Per Morten Kind som veileder, og er finansiert av samme institutt.

Berit Bungum er førstelektor ved Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling ved UiO.

∞

Eirik Malinen



Cand.scient. Eirik Malinen forsvarte 29. juni 2003 avhandlingen *Simulation studies and quantitative analysis using electron paramagnetic resonance spectroscopy. Radiation-induced radicals in alanine and pyrimidine bases,* for graden doctor scientiarum ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Arbeidet omhandler undersøkelser innen biofysikk. Studiet kartla bl.a. strålingseffekter i form av såkalte radikaler i aminosyren alanin. Alanin er nyttig for stråledosebestemmelser etter eksponering for ioniserende stråling, f.eks. røntgenstråling. Ved hjelp av en målemetode som kalles Elektron Paramagnetisk Resonans (EPR)-spektroskopi, ble det vist at det stråledannede signalet i alanin består av tre forskjellige typer radikaler. Disse radikalene ble dannet i forskjellige mengder og har ulik oppførsel ved oppvarming. Studiet konkluderer med at disse, i utgangspunktet ufordelaktige, egenskapene ikke har stor innflytelse på anvendbarheten av alanin innenfor stråledosebestemmelser. Videre ble strålingseffekter i DNA-komponenter undersøkt ved hjelp av den samme målemetoden. Det ble vist at gitte radikaltyper i bestrålte DNA-baser dannes i forskjellige mengder etter eksponering for forskjellige typer stråling. En hypotese om prosesser som gir opphav til radikaler som følge av bestråling, ble støttet av dette arbeidet. Til slutt ble ladningstransport i en DNA-base (cytosin) undersøkt ved lave temperaturer (-263 °C) for å kunne si noe om hvor effektivt stråleinduserte "hull" kan bevege seg fra molekyl til molekyl. Rekkevidden for ladningstransport viste seg å være relativt kort på molekylært nivå, hvilket samsvarer med studier av andre DNA-liknende systemer. — Eli Olaug Hole og Einar Sagstuen har vært veiledere.

∞

Ståle Ramstad



Cand.scient. Ståle Ramstad forsvarte den 3. oktober 2003, avhandlingen *Effects of Electromagnetic Fields on Biological Systems. Biophysical investigations on the biological effects of extremely low frequency and radio frequency electromagnetic fields*, for graden dr.scient. ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

Avhandlingen presenterer resultater fra en rekke eksperimentelle cellestudier hvor biologiske effekter av 50 Hz elektriske og magnetiske felter er undersøkt. Ramstad har bl.a. studert mulig påvirkning av cellulært kalsium i forskjellige celletyper, og han har undersøkt planteceller under påvirkning av 50 Hz felter for å se om deres celledeling fungerte normalt etter eksponering. Videre har han kartlagt elektromagnetiske felter i forbindelse med intensivbehandling av for tidlig fødte barn i kuvøser, og han har foreslått tiltak for å redusere magnetfeltene i kuvøsene. Disse feltene oppstår hovedsakelig fra elektronikk for temperaturregulering m.v. i kuvøsene.

Den siste delen av avhandlingen er en litteraturoversikt over forskningsresultater hvor mulige effekter på avkom etter mannlig eksponering for radiofrekvente felter tas opp. Dette har vært et aktuelt tema etter den omtalte Kvikk-saken i Det norske sjøforsvaret.

Ramstad er cand.scient. i fysikk fra NTNU og har hatt stipend fra EFFEKT-programmet i Norges forskningsråd. Pofessor Anders Johnsson har vært hovedveileder.

∞