Fra Fysikkens Verden

Nr. 1 – 2000
62. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Øyvind Grøn:
Planeter utenfor solsystemet . . 5
Ingolf Kanestrøm:
Drivhuseffekten – virkelighet? . 10
Rolf V. Olsen og Are Turmo:
Fysikkdidaktikk – en beskrivelse 14
Svenn L. Andersen og Otto Øgrim:
3D med slumppunkter 22
Fra Redaktørene 2
FFV Gratulerer 2
Sigve Tjøtta
In Memoriam 4
Karl Holberg
Indeks 1999 17
Konferanser 25
Spåtindkonferansen år 2000
Niels Bohr
– bro mellom to kulturer
Bokomtaler 27
Nye Doktorer 30
Dr.scient. Anders W. Borgland
Dr.scient. Ole Morten Olsen
Trim i FFV 31
Nytt fra NFS 32
Fysikarmøtet 2000
Årsmøtet 2000
Støtte til deltakelse
Priser til utdeling
Nye medlemmer
Hva skjer 35
Landskonferanse om
fysikkundervisning

Fysikarmøtet 2000
i Polarmiljøsenteret i Tromsø

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Er "science-center"-bevegelsen endelig på vei til Norge? Mer enn tredve år etter at den oppstod i California, som så mange andre bevegelser, er det tegn som tyder på det. Bevegelsen har allerede fått fotfeste i våre naboland, spesielt i Sverige hvor 20 sentre er etablert. Et science-center, eller viten-senter, har som muséer et overordnet mål i å bevare og formidle kunnskap og innsikt i vår kultur til et bredt lag av befolkningen – fra spesialister til barn og ungdom. I forhold til et museum tar et viten-senter mer sikte på å formidle innsikt i naturvitenskapelige prinsipper på en måte som skal være både spennende og morsom, og tilpasset den enkeltes foretrukne læreform.

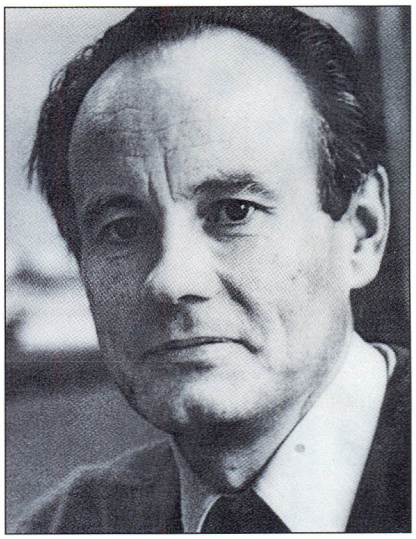
At det er behov for å stimulere interessen og forståelsen for naturvitenskap i vårt land, kan det herske liten tvil om. Ved igjen å sammenlikne med våre naboland er resultatet nok en gang lite oppløftende; i de første år i barneskolen er elevenes interesse på nivå med andre land, men så avtar interessen fram mot ungdomstrinnet – spesielt for jenter, og på siste trinn i den videregående skole er det bare 7 % av det norske ungdomskullet som velger full fordypning i fysikk, mot 16 % blandt svenskene. En rekke positive innstillinger fra departement, forskningsråd og andre instanser, vitner nå om at bevegelsen er på vei til Norge. Men det som kanskje er aller viktigst, er de initiativ til slike etableringer som, med utspring i respektive universitets-, høyskole- og museumsmiljøer, er tatt i Oslo, Trondheim, Bergen, Tromsø og Stavanger. Det mest ambisiøse initiativ har sitt utspring i Teknoteket ved Norsk teknisk museum i Oslo, og tar sikte på å etablere et nasjonalt science-senter på Grorud i Oslo.

Vi tror ikke science-sentre rundt i landet alene vil løse problemene med den manglende interesse for, og rekruttering til – spesielt – de harde realfagene. Men hvis slike sentre kan nå målet om "å vekke undring, fascinasjon, forskertrang og lærelyst hos publikum", er vi kommet et langt stykke på vei. For vår del vil vi ønske "bevegelsen" velkommen, og håper den får den nasjonale støtte som er nødvendig for at den skal få et godt fotfeste her i landet.

∞

FFV Gratulerer

Sigve Tjøtta 70 år



Sigve Tjøtta ble født 1. mars 1930 på Klepp. Han tok embetseksamen (cand.real.) ved Universitetet i Oslo i 1954, og ble kreert til dr.philos. samme sted i 1960, på en avhandling om ikke-lineære effekter i lydfelt. Som stipendiat gjorde han videregående studier ved Brown University i USA (1956–57) og ved Max-Planck-Institut i München (1958–59).

Tjøtta ble i 1960 ansatt som dosent i anvendt matematikk ved Matematisk institutt, Universitetet i Bergen, og i 1963 ble han utnevnt til professor samme sted. Han fikk ansvaret for oppbyggingen av faget anvendt matematikk, og takket være hans mangeårige og utrettelige innsats ble faget en nyskapning innen norsk universitetsliv.

I Bergen ble anvendt matematikk sidestilt med ren matematikk når det gjaldt bemanning og ansvar for den grunnleggende matematikkundervisningen. Målsettingen var: 1) å gi det matematiske grunnlaget for studier av naturvitenskapelige og teknologiske fag, og 2) å utdanne hovedfagskandidater som var kompetente og motiverte for å arbeide med matematisk modellering på andre fagområder.

Minst like viktig som å heve den allmenne forståelsen for matematikk blant studentene, er utdannelsen av hovedfags- og doktorgradsstudenter med et solid matematisk fundament, og med en holdning og motivasjon for å arbeide med matematisk modellbygging innen andre fagområder. Dette var den visjon Tjøtta hadde for sitt arbeid med oppbyg-

gingen av anvendt matematikk.

Siden 1960 er det blitt utdannet 260 hovedfagskandidater og 60 doktorgradskandidater ved avdelingen for anvendt matematikk i Bergen. I meget stor grad har disse kandidatene funnet veien til andre fag og yrker, både innenfor forsknings- og utdanningssektoren, og i næringslivet.

Akustikeren Tjøtta startet sin karriere hos professor Holtsmark i 50-årene. Som vit.ass. startet han med å beregne strømning i gasser rundt en vibrerende sylinder, et klassisk problem i viskøs grensesjiktsteori. Løsningen som ble presentert sammen med S. Skavlem, ble viden kjent. Som stipendiat dro Tjøtta deretter til det ledende miljøet innen ikke-lineær akustikk ved Brown University i USA. Han returnerte med en doktoravhandling som på en forbilledlig måte analyserer utledningen av den ikke-lineære ligningen for lydbølger i viskøse væsker. Dette arbeidet dannet en basis for mye av det arbeid som Tjøtta og medarbeidere har gjort innenfor ikke-lineær akustikk.

Da Tjøtta kom til Universitetet i Bergen i 1960, hadde han en tid arbeidet med plasmafysikk som da var sterkt i fokus på grunn av den store internasjonale innsats innen fusjonsforskning. Han var en sentral figur i en krets av unge forskere og medvirket til at det første fusjonsrelevante eksperiment i Norge ble lagt til Bergen.

Etter noen år som plasmafysiker, vendte Tjøtta tilbake til den ikke-lineære akustikken, og tok opp problemet rundt ikke-linær vekselvirkning mellom lydbølger med forskjellige frekvenser, især fenomenet som senere er kjent som "parametriske akustiske antenner". Det besnærende ved dette problemet er at to høyfrekvente bølger vekselvirker og frembringer en relativt lavfrekvent lydstråle med stor direktivitet og med egenskaper som om forplantningsmediet er selve lydkilden. Det første arbeidet om parametriske akustiske antenner sammen med Vetle Lauvstad og Jacqueline Naze, ble trykt i 1964. Jacqueline og Sigve giftet seg samme år, og radarparet "Tjøtta^2" er kjent verden over for sine arbeider innen ikke-lineær akustikk.

Det er ingen tvil om at de potensielle anvendelser av parametriske akustiske antenner i undervannsakustikk var en viktig årsak til den store interessen for ikke-lineær akustikk i 60- og 70-årene. Sigve og Jacqueline Tjøtta ytet vesentlige bidrag til forståelsen av parametriske akustiske antenner, særlig ved studiet av den parabolske approksimasjonen av den ikke-lineære bølgeligningen (KZK-ligningen). Dette arbeidet førte fram til en numerisk løsningsmetode som i dag er brukt verden over under navnet "The Bergen Code". Anvendelsesområdet for denne er ganske vidt, og den brukes bl.a. til å simulere sjokkbølger i fokuserte lydstråler innenfor medisinsk diagnostikk og terapi.

På slutten av 60-tallet vendte Tjøtta i en periode tilbake til teoretiske og eksperimentelle problemer med akustisk strømning rundt en vibrerende sylinder. I de senere årene har interessen særlig vært rettet mot generiske ligninger gyldige til høyere orden enn 2., både for bølgebeskrivelse og for akustisk strømning.

Sigve Tjøtta har i alle år vært en inspirerende og motiverende læremester. Han har en enestående evne til å begeistres og inspirere andre ved å vekke deres nysgjerrighet og forskertrang. Selv inspireres han særlig av eksperimentelle resultater som ikke stemmer med forventningene! Dette har nok vært en sterkt motiverende faktor i hans valg av forskningsoppgaver. Det har også gitt seg utslag i hans sterke interesse for å støtte opp under eksperimentelle aktiviteter, særlig innenfor ikke-lineær akustikk. I samarbeid med Fysisk institutt, tok Tjøtta således initiativet til å etablere eksperimentell virksomhet innen ikke-lineær akustikk. Denne aktiviteten dannet utgangspunktet for gruppen i hydroakustikk som fremdeles er i virksomhet.

I 1966 og 1978 tok Tjøtta initiativ til to skandinaviske møteserier som ennå lever i beste velgående: de årlige møtene i plasma- og gassutladningsfysikk og de nordiske samarbeidsmøtene i akustikk.

I tillegg til Tjøttas betydelige innsats som fagbygger og forsker, har han også hatt sentrale funksjoner innen universitets- og forskningsadministrasjon, som formann for NAVFs fagråd for matematikk og naturvitenskap i to perioder (1971–1975), og som dekanus ved Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet i Bergen (1975–1977).

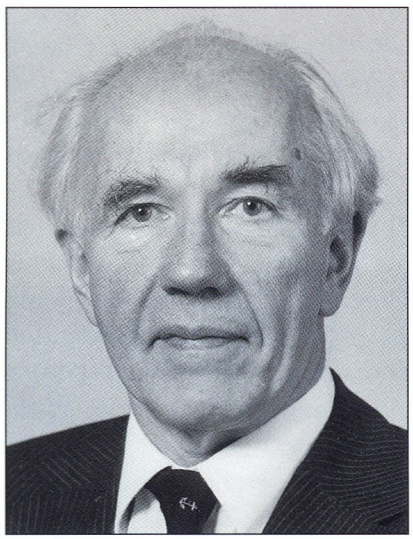
Sigve Tjøtta er internasjonalt anerkjent som en av de fremste pionerene innenfor ikke-lineær akustikk. Her har han fått stor anerkjennelse for sin innsats. Vi nevner to av de mest prestisjefylte: En ærespris han fikk sammen med Jaqueline Naze Tjøtta for arbeider innen undervannsakustikk fra Det Franske Vitenskapsakademi, og æresbevisningen Fellow of The Acoustical Society of America. Han er dessuten medlem av Det Norske Videnskaps-Akademi.

Kristian Dysthe *Halvor Hobæk* *Øivin Holter*

∞

In Memoriam

Karl Holberg (1921–1999)



Den 16. desember i fjor gikk Karl Holberg bort, 78 år gammel. I sitt virke gjennom et langt yrkesliv ytet han store og verdifulle bidrag til norsk forskning og industri. Holberg var utdannet ved Danmarks Tekniske Højskole og tok sin eksamen som cand.polyt. i 1950. Han ble ansatt som stipendiat ved FFI i 1951 og avanserte raskt til forskningssjef ved Avdeling for elektronikk, en stilling han hadde fra 1958 til han gikk av med pensjon i 1989.

Karl Holberg kombinerte solid faglig kunnskap med industripolitisk klarsyn og en sjelden evne til langsiktig strategisk tenkning. Med disse egenskaper spilte han en sentral rolle i utformingen av FFIs forskningsprogram. FFI skulle være et lite institutt for de store prosjekter, og Holberg hadde ansvar for en rekke av de prosjekter som FFI, med rette, er stolt av. Vi kan nevne antiubåtsystemet Terne, Penguin-raketten, datamaskinen SAM som ga opphav til Norsk Data, satellittstasjonen på Råø, feltartellerisystemet ODIN og laseravstandsmåleren for feltartelleriet.

For ionosfæreforskerne har det særlig interesse at FFI tok initiativet til opprettelsen av Andøya Rakettskytefelt og satellitttelemetristasjonen i Tromsø. Under den kalde krigen var kommunikasjons- og navigasjonssystemer som utnyttet ionosfæren av stor betydning, og den romforskning som i dag foregår ved FFI er sprunget ut av de militære behov. Holberg innså at det var nødvendig med grunnleggende forskning innen dette felt og oppmuntret til vitenskapelig innsats fra FFIs forskere.

Karl Holberg innså også at teknologisk spisskompetanse måtte være et viktig element innen en rekke nye grunnforskningsaktiviteter. Vår nasjonale romforskningsvirksomhet er klart et slikt felt. Utvikling og bygging av rakett- og satellittinstrumenter har representert en stor utfordring for forskningsgruppene som har deltatt i virksomheten, og det må understrekes at romforskningen har bidratt vesentlig til å høyne det teknologiske nivået ved universitetene og andre forskningsinstitusjoner som har deltatt i programmene. Karl Holbergs medvirkning i denne prosessen kan ikke overvurderes.

For oss som arbeidet ved hans avdeling, var han en kilde til inspirasjon, full av pågangsmot og med en utpreget evne til å finne løsninger på såvel tekniske som praktiske problemer. Ved Avdeling for elektronikk skapte han et miljø der grunnforskning og teknologisk utvikling hadde gode kår, et miljø der det var rom for å tenke nye tanker og prøve ut nye ideer. Han ga sine medarbeidere intellektuell og moralsk støtte og sørget for, av og til med ukonvensjonelle midler, at det fantes utstyr og midler til gjennomføring av prosjektene. Vi minnes med glede hans varme og vennlige vesen.

Bjørn Landmark og Eivind Thrane

∞

HUSK Å MELDE ADRESSEFORANDRING

Planeter utenfor solsystemet

Øyvind Grøn *

Er menneskenes sivilisasjon unik i universet? Er det høyt utviklet liv andre steder i universet? Da må det i hvert fall være planetsystemer rundt andre stjerner enn solen.

Solen er en gjennomsnittsstjerne. Man regner med at det er milliarder av stjerner som likner på den bare i Melkeveien, og at de fleste er blitt dannet på liknende måte. Dette tyder på at det må være et stort antall stjerner med planetsystemer i Melkeveien. Men det hadde vært fint å vite det sikkert. Derfor har det de siste ti årene vært en stor observasjonsinnsats for å avgjøre dette.

For å nå målet kreves langvarige serier med nøyaktige observasjoner som kan tolkes på en utvetydig måte. Man er ikke fremme ennå, men de siste fem årenes observasjoner har gitt meget interessante resultater.

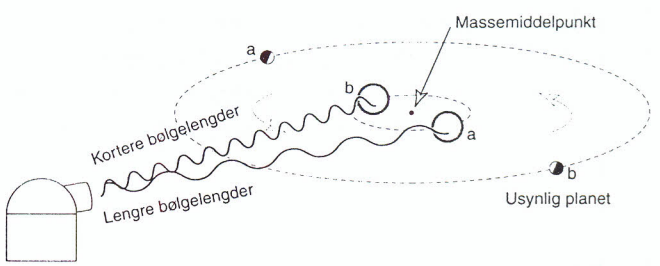
Hvordan observeres planeter?

Hvor vanskelig det er å lykkes, kan forstås hvis man tenker seg at en sivilisasjon på en planet rundt en annen stjerne enn solen skal observere vårt planetsystem. Den største planeten, og den det ville være minst vanskelig å observere, er Jupiter. Det nærmeste stjernesystemet er Alfa Centauri, 4 lysår borte. Observert fra Alfa Centauri lyser Jupiter bare en milliarddel så sterkt som solen. Sett fra Alfa Centauri vil solen lyse som en klar stjerne av nulte magnitude, mens Jupiter vil ha en lysstyrke rundt 23. magnitude. Dette er godt innenfor lysfølsomheten til dagens instrumenter. Man skulle derfor tro at vi burde ha godt håp om å kunne fotografere selv ekstrasolare planeter som lyser svakere enn Jupiter.

Problemet er at planetene er så nær sin moderstjerne at de drukner i lyset fra den. Observert fra Alfa Centauri er Jupiter bare fire buesekunder fra solen. Det svarer til vinkelen mellom to punkter som er 10 cm fra hverandre, sett på fem kilometers avstand! Hubble-teleskopet har en vinkeloppløsning som er 0,05 buesekunder, dvs. 80 ganger bedre enn dette. Men det gjelder i praksis bare for objekter med noenlunde samme lysstyrke. Her snakker vi om at det ene punktet er som en kraftig lyskaster, mens det andre er som en liten ildflue. Kombinasjonen av enorm forskjell i lysstyrke og nærhet på himmelen, gjør oppgaven uhyre vanskelig med det utstyret vi råder over i dag.

Vi er avhengige av indirekte observasjoner for å avsløre om det er planeter rundt andre stjerner. Metoden som har vært mest brukt, er basert på dopplereffekten. Den utnyttes, omtrent som i radarkontroller av biler, til å gjøre nøyaktige målinger av hastighetskomponenten i synsretningen til de nærmeste stjernene. Det som kan avsløre nærværet av store planeter, er periodiske hastighetsendringer for stjernene.

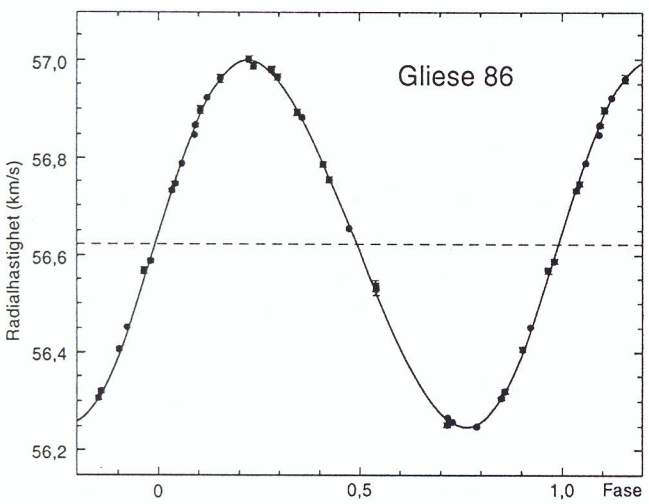
Når vi forestiller oss vårt eget solsystem, har nok de fleste et bilde av at "planetene går rundt solen". Dette er for så vidt riktig, men strengt tatt beveger alle medlemmene av solsystemet seg – også solen – rundt et felles tyngdepunkt (se figur 1).



Figur 1. En planet som ikke syns fra jorden, er tegnet i to forskjellige posisjoner a og b. Samtidige posisjoner av stjernen som planeten hører til, er også tegnet inn. Planeten kan avsløres ved at dens gravitasjon påvirker vertsstjernen. Stjernen beveger seg i bane rundt massesenteret til stjerne–planetsystemet. Spektrallinjene i lyset fra stjernen forskyves vekselvis mot blått og rødt ettersom den beveger seg mot eller fra oss (Illustrasjon: Trond Erik Hillestad).

*Høgskolen i Oslo, og Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

På grunn av solens store masse ligger det felles tyngdepunktet inne i solen. Solens sentrum beveger seg rundt solsystemets tyngdepunkt med en hastighet på ca. 12 m/s. En fjern observatør i solens baneplan med en hastighet på f.eks. 100 km/s vekk fra tyngdepunktet til solen og Jupiter, vil observere at solens hastighet varierer mellom 99,988 og 100,012 km/s. Bevegelsen rundt det felles tyngdepunktet gjør at denne variasjonen følger en sinuskurve. De beste observatoriene har utstyr til å registrere så små hastighetsendringer ved hjelp av dopplermålinger (se figur 2).



Figur 2. Dopplermålinger av en stjernes hastighetskomponent langs synslinjen kan avsløre om det beveger seg en eller flere planeter rundt den. Denne måleserien viser at det trolig beveger seg en stor planet rundt dvergstjernen Gliese 86.

De første observasjonene av slike periodiske hastighetsendringer for en stjerne, ble gjort i oktober 1995. Frem til utgangen av 1999 har man målt slike variasjoner for 25 stjerner, og nye kommer stadig til. Flere observasjonsgrupper deltar i denne forskningen.[1]

Observasjoner ved dopplereffekt

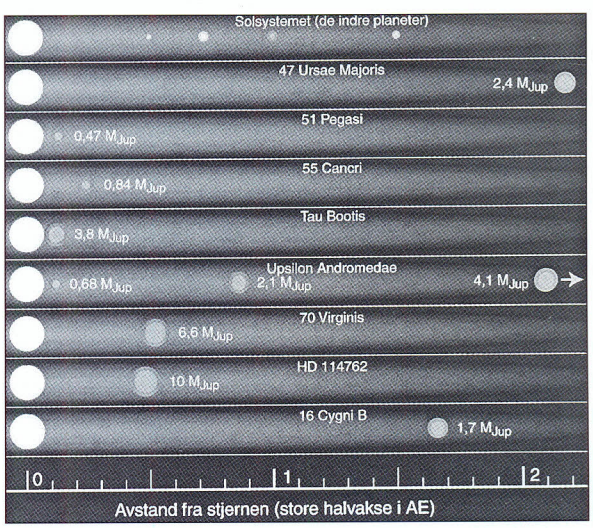
Noen av de nyeste observasjonene er gjort av astronomer ved European Southern Observatory (ESO). De målte hastigheten til en stjerne kalt Gliese 86 – 35 lysår fra solen – og fant at hastigheten varierer mellom 56,26 og 57,00 km/s. Den totale hastighetsvariasjonen er på 740 m/s, der hastigheten er målt med en nøyaktighet på ca. 7 m/s. Hastighetskurven er vist i figur 2.

Med utgangspunkt i amplitudene og periodene til slike kurver, har man beregnet masser og baner for planetene som man mener er årsakene til stjernenes hastighetsvariasjoner. Det er imidlertid bare hastighetskomponenten i synsretningen, v_s, som kan bestemmes ved hjelp av dopplermålinger. For bevegelse i vilkårlig retning er stjernens hastighet større enn v_s. Derfor klarer man vanligvis bare å angi en nedre grense for massen til planetene.

De tre stjernene som først ble undersøkt på denne måten var 51 Pegasi, som er 45 lysår fra solen, 70 Virginis, 80 lysår fra solen, og 47 Ursae Majoris, 47 lysår fra solen. De sannsynlige planetenes baneradier og masser er vist i figur 3. Deres masser er beregnet til å være henholdsvis 0,47, 6,6 og 2,4 jupitermasser. Baneradiene er henholdsvis 0,05, 0,43 og 2,1 AU, der *1 AU er jordens avstand fra solen.* Periodene til planetene (planet-årene) er 4,23 dager, 116,6 dager og 3 år.

Planeten til Gliese 86 har 4,9 jupitermasser, er 0,11 AU fra Gliese 86, og har et planet-år på 15,83 dager. Den er mye nærmere stjernen enn man skulle ha ventet for en slik kjempeplanet. Trolig er den dannet lenger vekk fra stjernen og har senere beveget seg innover.

Det at kun store planeter er oppdaget, betyr ikke at alle planeter rundt andre stjerner er store, men de små, slike som jorden, har for liten virkning på stjernen de beveger seg rundt til å bli oppdaget ved å måle stjernens hastighetsvariasjoner med den målenøyaktighet som hittil er oppnådd.

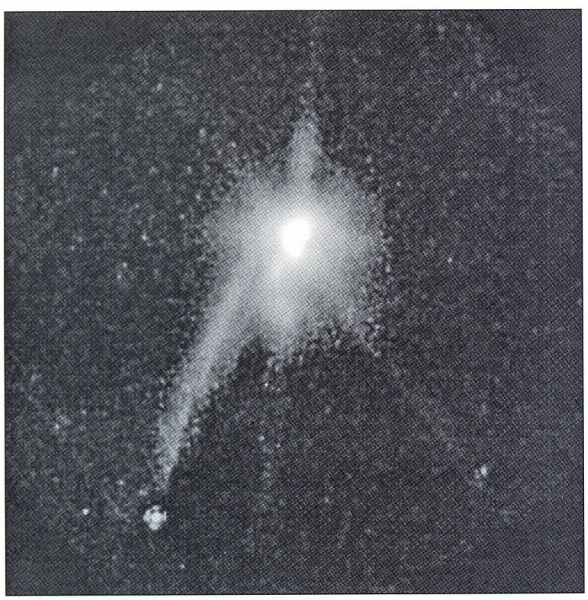


Figur 3. Et utvalg av de mange planetene som er oppdaget siden 1995. Noen planeter i vårt eget solsystem er vist til sammenlikning. De angitte massene er minimumsverdier basert på dopplermålinger av stjernenes hastighetskomponenter langs synslinjen (Illustrasjon: Trond Erik Hillestad).

Planeten med minst baneradius beveger seg rundt den solliknende stjernen HD 187123 i stjernebildet Svanen. Marcy og Butler annonserte høsten 1998 at man her har en planet med minst halvparten av Jupiters masse og med en omløpstid på bare 3,1 dager. Denne planeten har en avstand til moderstjernen som bare er 10 % av Merkurs avstand fra solen!

Et bilde av en ekstrasolar planet?

I mai 1998 meddelte astronomen Susan Thereby[2] at en planet utenfor solsystemet for første gang var blitt fotografert. Ved hjelp av Hubble-teleskopet ble det tatt bilder av et legeme ved enden av en strøm av støv fra et ungt stjernepar, TMR-A og B, som er 450 lysår fra solen (figur 4). Legemet lyste så svakt at det bare var reflektert lys fra stjernen som gjorde det synlig. Stjerner i denne utviklingsfasen er bare mellom 100 000 og 300 000 år gamle. Den estimerte massen til legemet var mellom 2 og 3 jupitermasser.

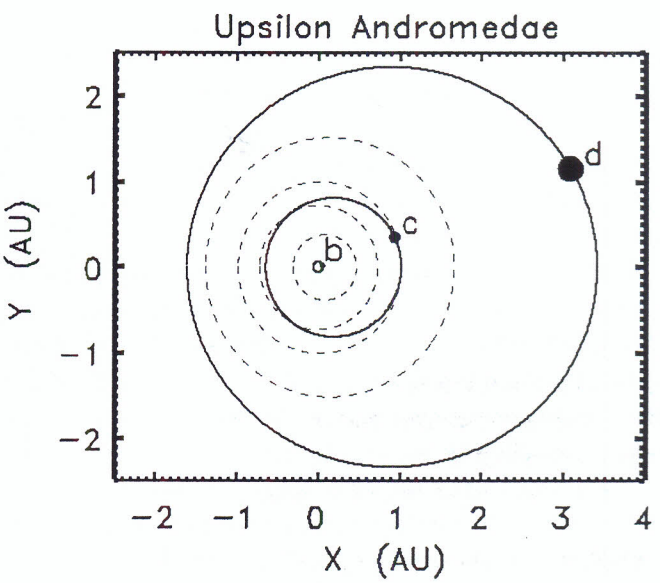


Figur 4. Etter at man hadde tatt dette bildet med Hubble-teleskopet, trodde man at den hvite flekken i utkanten av en støvsky ut fra stjernen var det første bildet av en ekstrasolar planet. Men det viser seg nå at objektet trolig er en bakenforliggende stjerne.

I juni 1999 presenterte Terebey nye data ved to konferanser i USA, som viste at det fotograferte objektet hadde for høy temperatur til å være en planet.[3] Spekteret viste ikke tegn til vann, noe som sannsynligvis ville vært til stede dersom objektet var en planet med lavere temperatur enn ca. 2500 kelvin.

Et helt planetsystem er oppdaget

Den 16. april 1999, ble det sendt ut pressemeldinger om at et ekstrasolart planetsystem med tre planeter var oppdaget. Planetene beveger seg rundt stjernen Upsilon Andromedae, som er ca. 3 milliarder år gammel, og befinner seg 44 lysår fra solen. Den innerste av planetene, *b*, ble oppdaget i 1997. Dens baneradius er bare 0,06 AU, og den roterer rundt stjernen på 4,6 døgn. Mer detaljerte observasjoner og analyser av variasjonene til stjernens hastighet, avslørte eksistensen av ytterligere to planeter rundt Upsilon Andromedae. Planetbanene er vist i figur 5. De fire stiplete kurvene er banene til Merkur, Venus, jorden og Mars i samme målestokk. Planetene *b*, *c* og *d* har henholdsvis 0,7, 2,1 og 4,1 jupitermasser. De to ytterste planetene har avstander 0,83 og 2,5 AU fra stjernen, og bruker henholdsvis 242 dager og ca. 3,5 år på å bevege seg rundt den.



Figur 5. Banene til de tre planetene *b*, *c* og *d* rundt stjernen Upsilon Andromedae sammenliknet med banene til de indre planetene i vårt solsystem.

Observasjonene og beregningene viser at flere massive planeter kan bevege seg i bane rundt en ordinær stjerne mye nærmere enn de store planetene i vårt solsystem. Men dersom disse planetene består av gass, som Jupiter og Saturn, eller is, som Uranus og Neptun, må de være dannet i større avstand fra stjernen og siden ha beveget seg innover. Hvordan dette har skjedd, vet vi lite om.

Gravitasjonslinser

Søking etter ekstrasolare planeter er nå et svært aktivt forskningsfelt. Man prøver også å ta i bruk andre metoder enn dopplermålinger. En metode er basert på gravitasjonslinser. Når lyset fra en fjern stjerne passerer forbi en nærmere stjerne, kan vi få en fokuseringseffekt og observere en oppblussing av den fjerne stjernen. Dette har vært brukt i undersøkelser av universets mørke materie i det såkalte MACHO (Massive Astronomical Compact Halo Object)-prosjektet, der man har funnet brune dvergstjerner som har virket som gravitasjonslinser. Dersom linsen ikke bare består av en stjerne, men også av en planet, kan stjernen blusse opp mer enn en gang.

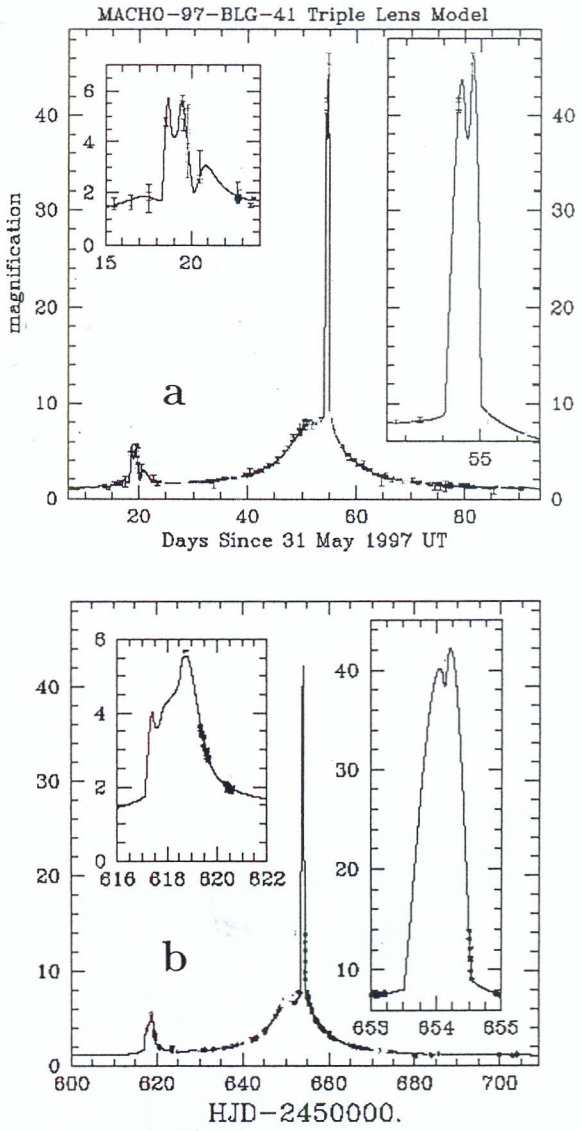
Den 12. mai 1999, offentliggjorde The Microlensing Planet Search Collaboration en detaljert analyse av et gravitasjonelt mikrolinsesystem (dvs. et system der linsen ikke består av en hel galakse, men av en stjerne, eventuelt med et tilhørende planetsystem) betegnet med MACHO-98-BLG-35. De konkluderte med at man for første gang hadde oppdaget en planet med omtrent jordens masse som beveget seg rundt en annen stjerne enn solen.

Høsten 1999 ble nye resultater av denne observasjonsmetoden publisert.[4,5] I 1997 ble et linsesystem, MACHO-97-BLG-41, oppdaget. Tre forskergrupper begynte umiddelbart å observere systemet for å bestemme hvordan lysintensiteten avhenger av tiden. Det samlete datasettet fra de to gruppene, MACHO/GMAN og MPS/WISE-GMAN, er gjengitt i figur 6a, og det til PLANET-gruppen, i figur 6b. Kurvene er resultat av beregninger basert på ulike modeller av linsesystemet.

Kurven i figur 6a, er beregnet ut fra et linsesystem med en dobbeltstjerne og en planet som roterer rundt dobbeltstjernesystemet. Ifølge denne modellen, har de to stjernene henholdsvis $0,6 \pm 0,3$ og $0,16 \pm 0,07$ solmasser, mens planeten har $3,5 \pm 1,84$ jupitermasser. Avstanden mellom stjernene er ca. 1,8 AU, og planeten er ca. 7 AU fra massesenteret til dobbeltstjernene. Simuleringer av dynamikken til et slikt system viser at det er stabilt.

Kurven i figur 6b, er beregnet ut fra en linsemodell med kun et roterende dobbeltstjernesystem. Systemet roterer med en periode på ca. 1,5 år. Ifølge denne modellen, består linsen av to dvergstjerner med en samlet masse på 0,3 solmasser.

Hvilken av disse modellene som eventuelt vil bli stående som korrekt, er det for tidlig å si noe sikkert om. Men ofte har det vist seg at det er de enkleste



Figur 6. a) Observasjoner av intensiteten til dobbeltstjernen MACHO-97-BGL-41 ved ulike tidspunkter. Kurven gjennom observasjonspunktene er beregnet for et dobbeltstjernesystem som det roterer en planet rundt. b) Samme observerte system som i a), men her er kurven beregnet for et roterende dobbeltstjernesystem.

modellene som er realisert i naturen. I så fall er det ingen planet rundt dette dobbeltstjernesystemet.

Stjerneformørkelse

I november 1999 ble det rapportert nye interessante observasjoner. Steven S. Vogt m.fl. sammenkalte 5. november til pressekonferanse om nye ekstrasolare planetoppdagelser, og lastet 30. november ned et manuskript i preprintarkivet i Los Alamos med tittelen "Six New Planets from the Keck Precision Velocity Survey".[6]

En av stjernene som ble observert, HD 209458, er 153 lysår fra jorden. De oppdaget en sinusformet variasjon i dopplerforskyvningen til lyset fra denne stjernen. Dette viser at den beveger seg i bane rundt et felles massesenter for stjernen selv og et legeme som beveger rundt den. En analyse av observasjonene viste at det usynlige legemet har en avstand på 0,05 AU fra stjernen, og er adskillig nærmere stjernen enn Merkur er fra solen. Omløpstiden er på bare 3,5 dager. Marcy og medarbeidere fant også at dersom planeten beveger seg slik at den passerer mellom stjernen og jorden, så ville det inntreffe en liten stjerneformørkelse sent på kvelden 7. november.

De ga umiddelbart opplysningene til sin medarbeider Greg Henry som hadde utstyr til å foreta en nøyaktig overvåking av stjernens lysstyrke. På det forutsagte tidspunktet observerte han at lysstyrken ble redusert med 1,7 %. Graden av lysreduksjon viste at planeten er 1,6 ganger så stor som Jupiter. Dopplermålingene viste dessuten at dens masse er 0,63 jupitermasser. Følgelig er planetens gjennomsnittlige tetthet bare 0,2 g/cm^3. Dette viser at planeten er en gasskjempe som Jupiter. Den kan umulig ha blitt dannet så nær stjernen som den nå er, og må altså ha beveget seg innover mot stjernen etter at den ble til.

Disse observasjonene betyr at man nå har fått bekreftet tolkningen av dopplermålingene som har vært tydet som tegn på at det beveger seg planeter rundt andre stjerner enn solen.

Stjernelys reflektert fra en planet

Nok en interessant observasjon ble rapportert mot slutten av året 1999.[7] "Ildfluen" er observert! Det dreier seg om planeten som beveger seg rundt Tau Bootis, 50 lysår fra solen (se figur 3). Dopplermålinger har vist at stjernen beveger seg i bane rundt sitt eget og en planets felles massesenter med en relativt stor hastighetskomponent i synsretningen, v_s = 470 m/s. Planeten har en avstand på omtrent 0,05 AU fra Tau Bootis og bruker bare 3,3 dager på å bevege seg rundt stjernen. Den har en radius litt større enn Jupiters, og massen er på minst 3,8 jupitermasser.

Lyset fra denne planeten forventes å være omtrent en titusendel så sterkt som lyset fra stjernen den tilhører; og planeten befinner seg bare tre tusendels buesekund fra stjernen. Som nevnt ovenfor, "drukner" en slik planet i lyset fra stjernen. Derfor prøvde man ikke å fotografere planeten som et lysende objekt. Selv med Hubble-teleskopet ville det vært nytteløst. Man utnyttet isteden at lyset fra planeten er reflektert stjernelys og inneholder spektrallinjer som også kan observeres i direktelyset fra stjernen. Siden planeten er så nær stjernen, beveger den seg ganske raskt. Ved å bruke Keplers lover, finnes at planetens hastighet er 152 km/s. Refleksjon av stjernelyset fra planeten gir derfor en målbar periodisk dopplerforskyvning av spektrallinjene. Til tross for at lyset som er reflektert fra planeten bare har omtrent 0,01 % av intensiteten til stjernelyset, har man nå greid å måle denne frekvensforskyvningen.

Målingene kombinert med Keplers lover, viste at planetens masse er ca. 8 jupitermasser, og er adskillig større enn det dopplermålingene av stjernens bevegelse tydet på. Dette betyr at synslinjen går på skrå i forhold til stjernens og planetens baneplan. Man har beregnet at rotasjonsaksen danner 29° med synslinjen.

Å skjelne lyset som er reflektert fra planeten fra det direkte stjernelyset, var meget vanskelig og helt på grensen av hva observasjonene tillot. Våren 2000 vil Tau Bootis igjen stå høyt på himmelen. Da vil nye observasjoner kunne avsløre om lyset som Cameron og medarbeidere har analysert, virkelig er planetlys.

Et nytt forskningsområde

Så sent som i 1994 hadde man ingen observasjoner til støtte for hypotesen om at det skulle eksistere planeter rundt andre stjerner enn solen. Men 25. oktober 1995 annonserte M. Mayor og D. Queloz at de hadde oppdaget en planet som beveget seg rundt en stjerne, og forårsaket en periodisk endring i stjernens hastighet langs synslinjen. Dette var den første av en serie liknende oppdagelser.

Planetene som oppdages på denne måten, er store og beveger seg nær stjernen. Kun slike planeter forårsaker store nok hastighetsendringer for stjernene til at de har latt seg observere. Slike planeter er gasskjemper, ofte større enn Jupiter. Astrofysikere arbeider nå med å finne ut hvordan de kan dannes og komme så nær stjernen de hører til.

Flere observasjonsmetoder er nå tatt i bruk, og man finner stadig nye planeter rundt fremmede stjerner. Det mange har trodd, ser ut til å stemme: *Planeter er snarere regelen enn unntaket i vårt univers.*

For ca. 150 år siden skrev Camille Flammarion en bok med tittelen "Beboede Verdener".[8] Det er

enda langt frem før vi vet om *det* er hva vi observerer. Men for undrende mennesker har dette vært en inspirerende mulighet i lange tider, noe følgende sitat i Flammarions bok vither om:

Når den mørke Nat har udspændt sit Slør over den azurblå Himmelhvelving, viser Firmamentet seg for oss i hele sin Storhed. De blinkende Lyspunkter, hvormed det er oversået, er Sole, som den Almægtige har anbragt i Rummet for å oplyse og opvarme de Verdener, der beskrive deres rullende Kredsløp omkring dem.

Charles Bonnet (1720–1793)

Referanser

1. Internett: *http://www.obspm.fr/planets*
2. Hubble Space Telescope News 28. mai 1998 *(http://oposite.stsci.edu/pubinfo/pr/1998/19/pr.html)*
3. Science News Online **155** no 26 (26. juni 1999) *(http://www.sciencenews.org/sn_arc99/6_26_99/fob1.htm)*
4. D.P. Bennett et al.: *Discovery of a planet orbiting a binary star system from gravitational microlensing.* Nature **402**, 57 (1999)
5. M.D. Albrow et al.: *Detection of rotation in a binary microlens: PLANET photometry of MACHO 97-BLG-41. (http://xxx.lanl.gov/astro-ph/9910307)*
6. S.S. Vogt, G.W. Marcy, R.P. Butler, and K. Apps: *Six New Planets from the Keck Precision Velocity Survey. (http://xxx.lanl.gov/astro-ph/9911506)*
7. A.C. Cameron et al.: *Probable detection of starlight reflected from the giant exoplanet orbiting τ Bootis.* Nature **402**, 751 (1999)
8. C. Flammarion: *Beboede Verdener. Populære astronomiske Betraktninger over Himmellegemernes Beboelighet. Tredje opplag.* København, 1875

∞

Drivhuseffekten – myte eller virkelighet?

Ingolf Kanestrøm *

Knapt noen del av naturvitenskapen har fått slik oppmerksomhet i den senere tid som klimatologien. Problemområdet har vært tema ved en rekke internasjonale kongresser både av faglig og politisk art. Klima, og spesielt økt drivhuseffekt, blir diskutert i massemedia, og synspunktene spriker. Ytterpunktene kan trolig karakteriseres ved at noen mener at antropogene (menneskeskapte) klimaforandringer er nonsens, og at global oppvarming bare er noe klimamodellene produserer. På den andre ytterfløyen finnes de som nærmest hevder at fortsatt utslipp av klimagasser fører til verdens undergang. Et typisk trekk synes å være at jo mindre kunnskaper en har innen fagområdet, dess sikrere blir man i sine konklusjoner.

*Institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo

Forskersamfunnet må delvis ta på seg ansvaret for denne situasjonen. Vi har ikke benyttet anledningen til å opplyse publikum om hvordan vitenskapen arbeider. Forskerens oppgave er å belyse et tema fra alle sider og å kartlegge hvordan systemet virker. For å kunne utføre en slik analyse, kan ikke forskeren være låst i forhåndinntatte holdninger. Han må se bort fra fordommer eller press av politiske eller økonomiske forhold. Vitenskapen bør ikke anse seg ferdig med et problem, men la seg utfordre av nye spørsmål. I noen tilfeller kan en drives av håpet om å finne feil eller svakheter ved "aksepterte" teorier. Forskning er en "evigvarende" prosess som stadig stiller nye spørsmål etter hvert som kunnskapene øker. Dette gjelder i høy grad også innen klimaforskningen. Saklig tvil og spørsmål kan virke som en vitamininnsprøytning. Men en bør vokte seg for å la usikkerheten fullstendig overskygge den kunnskap og innsikt man møysommelig har bygget opp.

Etter min mening er det underlig at så mange

mennesker nærmest avviser muligheten av en antropogen klimaforandring. De fysiske prosessene bak drivhuseffekten er relativt godt forstått. Vi vet at uten atmosfære ville temperaturen på jorda være omlag 33 °C lavere enn dagens middelverdi.

En kan måle økningen i konsentrasjonen av drivhusgassene i atmosfæren. At en ikke kan beregne effekten av denne økningen eksakt, er en annen sak. Det skyldes i hovedsak klimasystemets kompleksitet, det inneholder en rekke koplingsmekanismer. Dessuten må en "eksakt" modell beskrive prosesser med ulik romskala, en skala som spenner over 12–13 størrelsesordener. Men en manglende sikkerhet i modellberegningene kan ikke brukes som begrunnelse for å benekte at klimavariasjoner kan være en trussel mot vårt miljø.

Hensikten med denne artikkelen er ikke å gjennomgå hele klimaproblematikken, men å rette oppmerksomheten mot viktig informasjon som en kan trekke ut av klimadata fra siste periode med maksimal nedising på jorda, og fra perioden etter 1979. Den siste perioden er av spesiell interesse, da vi har forholdsvis god datadekning for atmosfæren etter 1979.

Strålingspådriv

Sola er vår viktigste energikilde. Energifluksen fra sola er mye større enn fluksen fra andre stjerner og fra energiproduksjonen i jordas indre. Dersom netto innstrålt solenergi er lik utgående termisk stråling ved atmosfærens yttergrense, vil jorda være i strålingsbalanse. Vi kunne da forvente et konstant klima. Nå kan vi tenke oss at denne strålingsbalansen forrykkes. Det kan skje ved forandringer i netto innstråling fra sola, eller ved at den termiske strålingen fra jorda og atmosfæren forandres. Denne ubalansen vil føre til at temperaturforholdene endres slik at en på nytt oppnår strålingslikevekt. Avviket fra strålingslikevekt som fremkalles av en parameter i klimasystemet, f.eks. økt CO_2-innhold i atmosfæren, kalles strålingspådrivet. I følge klimamodellene vil en fordobling av CO_2-konsentrasjonen i atmosfæren forårsake et strålingspådriv på omlag 4 Wm^{-2}.

I stedet for å se på strålingsbalansen ved atmosfærens yttergrense, har man i klimatologien valgt å se på ubalansen ved toppen av troposfæren (tropopausen) som befinner seg i en høyde på ca. 10 km. I IPCC-rapporten *Climate Change 1994*, blir strålingspådrivet definert som *"The global and annual mean change in the net irradiance at the tropopause from a radiative pertubation after allowing the stratosphere temperature to re-adjust to the radiation equilibrium, but with the surface and troposphere temperature held fixed at their unperturbed values"*. (Stratosfæren er atmosfæren fra tropopausen og opp til 50 km.) Grunnen til at en har valgt denne definisjonen, er at massen av stratosfæren er liten, slik at den raskt vil innstille seg på en ny likevekt. Troposfæren og jordoverflaten er mye tregere.

Ved å bruke strålingspådrivet som mål på forandringer i klimasystemet, kan en lettere sammenligne virkningen av forskjellige klimaparametre, f.eks. sammenligne betydningen av økt konsentrasjon av en klimagass med effekten av forandringer i utstrekning av snø- eller isdekket. Det neste problemet blir så å bestemme virkningen av et gitt strålingspådriv, Q, på temperaturen T, dvs. klimasystemets følsomhet, λ.

$$\Delta T = \lambda Q$$

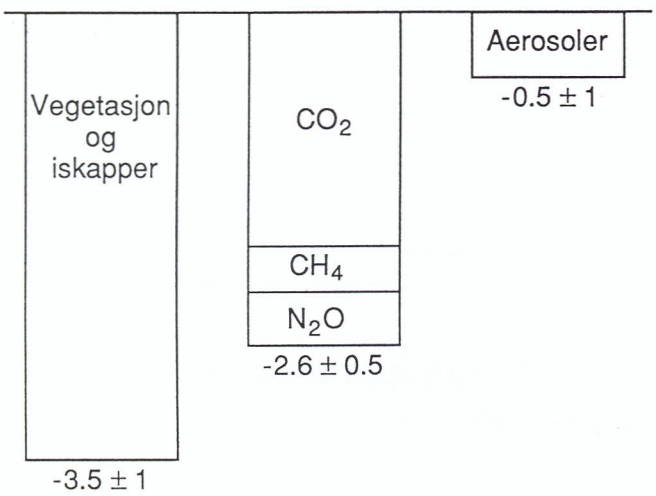
I IPCC rapporten av 1990, anslo man ut fra modellberegninger at λ lå i området 0,4–1,1 °C $(Wm^{-2})^{-1}$ avhengig av tilbakekoplingene i systemet. Men skal modellene gi en riktig verdi for følsomheten, må alle viktige koplinger være med i modellen. Dessuten må modellene kjøres så lenge at selv de tregeste delene av systemet er kommet i likevekt.

Kan følsomheten bestemmes ut fra andre data?

En kunne tenke seg å teste modellene mot observert temperaturfall etter et vulkanutbrudd som Pinatubo i 1991. Etter utbruddet falt den midlere globale temperaturen med 0,3 °C. Problemet er at støvpartiklene forblir i stratosfæren i bare noen få år. Derfor får en ikke med virkningen av de trege komponentene i systemet.

Vi kjenner nå relativt godt de klimatiske forhold under slutten av siste istid for 20 000 år siden. Store iskapper med tykkelse opp til 3000 m, dekket Canada og store deler av USA, Europa og Asia. Vegetasjonen var naturligvis forskjellig fra dagens, og havnivået var omlag 120 m lavere enn i dag. Fra luftblærer i iskjerner kan man få informasjon om atmosfærens innhold av drivhusgasser. Midlet over tusener av år, måtte jorda være i strålingsbalanse. Den midlere globale temperaturen var da 5 ± 1°C lavere enn nå. Det totale pådrivet som var nødvendig for å opprettholde den lave tempera-

turen, kan beregnes ved hjelp av strålingsmodeller. Reduksjonen i netto solstråling skyldes økt refleksjon fra landområdene på grunn av de store iskappene og forandret vegetasjon. Utgående termisk stråling ble påvirket av redusert konsentrasjon av drivhusgassene CO_2, CH_4 og N_2O. Økt innhold av aerosoler (målt i isen) ga også et negativt bidrag. Beregnet midlere strålingspådriv i forhold til nåværende verdier (figur 1) er $-6,6 \pm 1,5$ Wm^{-2}. Dette tilsvarer en følsomhet på 0,75 °C per Wm^{-2} (5 °C /6,6 Wm^{-2}). Fordelen med denne metoden er at den omfatter alle typer tilbakekoplinger som virker både i kort og i lang tidsskala. Følsomheten som er avledet på denne måten ligger omtrent midt i intervallet som er avledet ved hjelp av klimamodeller. Etter dette skulle en fordobling av CO_2-innholdet i atmosfæren som tilsvarer et strålingspådriv på 4 Wm^{-2}, gi en global temperaturøkning på 3 ± 1 °C.



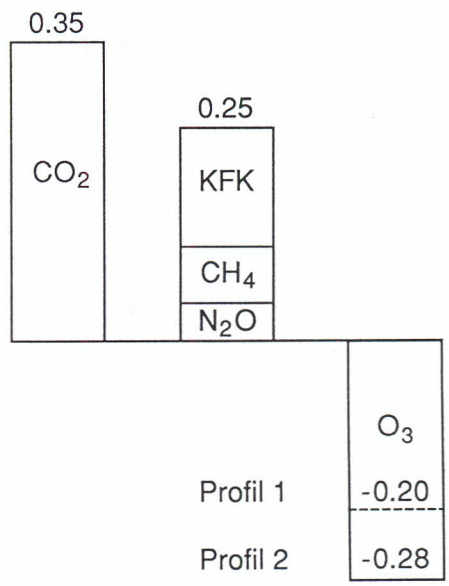
Figur 1. Beregnet strålingpådriv (Wm^{-2}) for siste istid i forhold til dagens budsjett.

Vi har nå sett at klimaets følsomhet empirisk kan bestemmes ut fra paleoklimatiske data. Følsomheten er avhengig av tilbakekoplinger i klimasystemet. Tilbakekoplingene kan som nevnt, virke over ulike tidsskalaer. Dette må en ta hensyn til når en skal tolke ulike modelldata. Er tidsperioden man betrakter kort, er det ikke sikkert at alle koplingsmekanismene har fått virke, noe som skulle tilsi en annen følsomhet. Men dersom de parametrene som er betraktet som faste grenseverdier i dagens modeller blir betraktet som pådriv, er det samsvar mellom den empirisk bestemte følsomhet og den som beregnes av modellene.

Vi skal nå se hvordan data fra modeller med tilpasset følsomhet samsvarer med observerte data fra 1979 og senere.

Temperaturvariasjoner 1979–1995

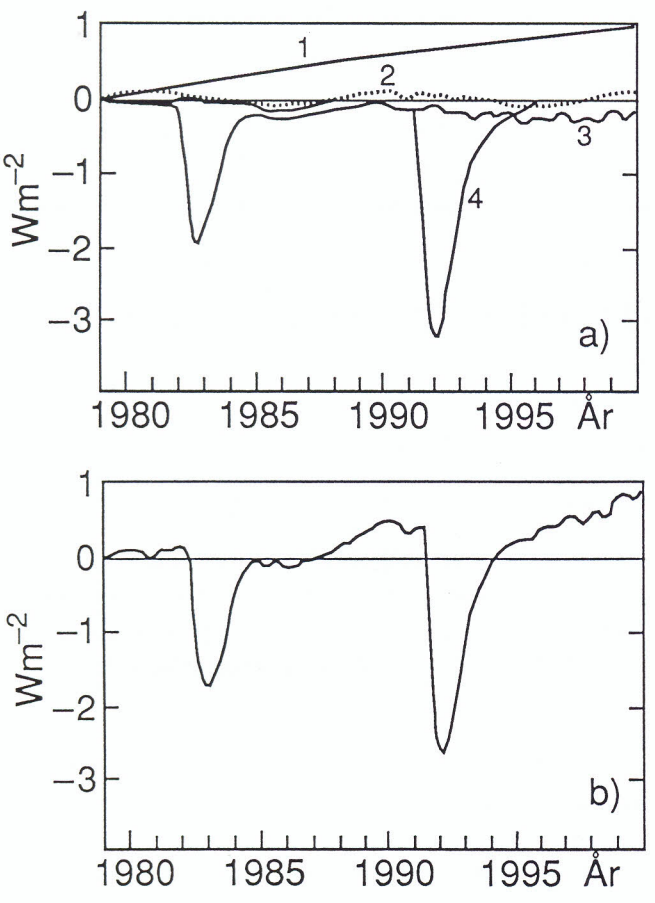
Høsten 1978 ble satellitten Nimbus 7 skutt opp. Satellitten hadde instrumenter som kunne måle irradians fra sola, aerosoler i stratosfæren og ozon. Serien av slike måledata er videreført av senere satellitter. Målinger av atmosfærens innhold av andre drivhusgasser som CO_2, CH_4, N_2O og KFK-gasser, er utført fra bakkestasjoner. Riktignok mangler man gode data om andre mulige klimaparametre, som aerosoler i troposfæren og variasjoner i skydekket. Trass i disse svakhetene er dette den perioden hvor vi har best datadekning, og en antar at strålingspådrivet kan beregnes med rimelig grad av nøyaktighet. Det globale strålingspådrivet for 15-årsperioden 1979–1994 er vist i figur 2. Som figuren viser, er det beregnet to verdier for ozon. Det skyldes at det ikke bare er totalmengden av ozon som er av betydning, men at den vertikale fordeling (spesielt i området rundt tropopausen der temperaturdifferensen mellom overflaten og atmosfæren er størst) er viktig. Strålingspådrivet er beregnet med to ulike vertikale profiler med samme totalmengde.



Figur 2. Beregnet globalt midlet strålingspådriv (Wm^{-2}) som følge av forandringer i atmosfærens innhold av drivhusgasser i perioden 1979-1994. Det er benyttet to ulike vertikale fordelingsprofiler for ozon (profil 1 og profil 2).

Det totale pådrivet er funnet å være mellom 0,3 og 0,4 Wm^{-2}. Med en følsomhet på 0,75 °C pr. Wm^{-2}, skulle dette tilsvare en temperaturøkning på opptil 0,3 °C. Men her har vi en kort responstid, så en kan ikke vente et så stort utslag ved periodens slutt.

Figur 3 viser utviklingen av strålingspådrivet for de ulike klimaparametrene. Som figuren viser, har det vært en jevn økning i strålingspådrivet fra de drivhusgassene (CO_2, CH_4, N_2O og KFK) som er godt gjennomblandet i atmosfæren. Ozon har hatt en mindre negativ trend, mens variasjoner i utstrålingen fra sola har vært beskjeden. Når det gjelder aerosoler i stratosfæren, finner vi to klare utslag. Disse svarer til svovelpartikler fra vulkanene Pinatubo (1991) og El Chichon (1982). Bortsett fra de siste årene har avkjølingen fra ozon og stratosfæriske aerosoler oppveid oppvarmingen fra de andre drivhusgassene, så vi skulle forvente en tilnærmet konstant temperatur. Men observert



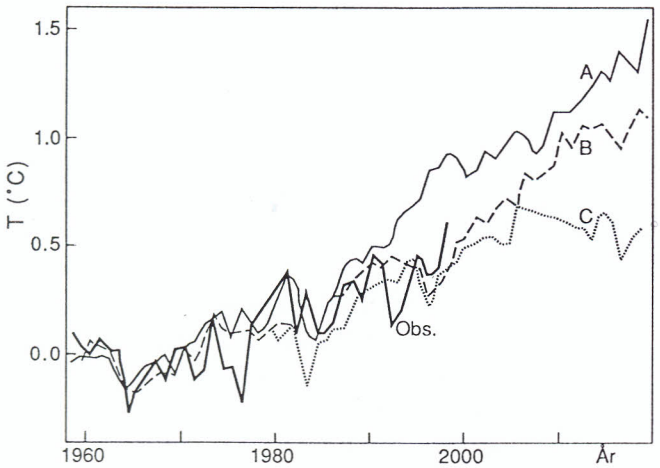
Figur 3. Figur a) viser globalt midlete sesongverdier av strålingspådrivet fra forandringer i stratosfæriske aerosoler (kurve 4), ozon (kurve 3), solstråling (kurve 2) og godt gjennomblandet drivhusgasser (kurve 1). Figur b) viser netto strålingspådriv.

temperaturøkning og varmefluks til havene tyder på at det må være et pådriv som påvirker klimasystemet og øker temperaturen.

Klimasimuleringer over så kort periode som 17 år, er kritisk avhengig av at systemet er i strålingslikevekt ved periodens begynnelse. I dette tilfelle er det en rekke indikasjoner på at systemet var i en positiv strålingsubalanse i 1979. Dette skyldes at drivhusgassene økte betydelig i atmosfæren i årene før 1979. Havenes store treghet tilsier at havtemperaturen ikke ville være i likevekt med atmosfæren. I klimaforskningen blir dette omtalt som "kald start" problemet. Dette problemet kan delvis elimineres ved å addere en estimert ubalanse i pådrivet ved starten av simuleringen. Størrelsen i ubalansen vil være avhengig av forløpet til alle pådriv før simuleringen startet. Jim Hansen og medarbeidere har utført en rekke simuleringer av klimautviklingen for perioden 1850–1995, der de har variert modellens følsomhet og ulike strålingspådriv.[1,2,3,4] Ved å tilpasse modellene til observert temperatur over lange perioder, og til temperaturen etter Pinatubo, mener de at ubalansen i strålingen var omlag 0,5 Wm^{-2}. Et mer detaljert studium av utviklingen i perioden 1979–1995 indikerer at ubalansen i 1979 var 0,65 Wm^{-2}. Over en 17-årsperiode vil et slikt pådriv øke temperaturen med omlag 0,2 °C, noe som er i samvar med observert temperatur og varmetransport til havet.

I 1988 publiserte J. Hansen og medarbeidere ved NASA et arbeid hvor de med en 3-dimensjonal klimamodell beregnet temperaturutviklingen forårsaket av et tidsavhengig pådriv.[2] Det var den første beregningen av den type. Pådrivet i modellen var forårsaket av drivhusgasser og stratosfæriske aerosoler. De brukte tre scenario, *A*, *B* og *C*, for utslipp av drivhusgasser. *B* og *C* var tilnærmet like frem til år 2000. Etter den tid var det ingen økning i *C*. I ettertid viser det seg at scenario *B* og *C* ligger nærmest opp til det faktiske strålingspådrivet. I modellen ble det lagt inn et stort vulkanutbrudd i 1995. Resultatet av beregningene er vist i figur 4. Dersom vulkanutslippet i scenariet var blitt forskjøvet til 1991 (tiden for utbruddet av Pinatubo), ville det være godt samsvar mellom modellberegningen for *B* og *C*, og observert temperatur. Den observerte temperaturen ligger i overkant av modellberegningen. Det er derfor ikke noen grunn til at noen skulle hevde at temperaturøkning bare er noe som "produseres" av tvilsomme klimamodeller.

Det ligger fortsatt mye forskning foran oss. Et viktig problemområde er å lage bedre prognoser for mulige klimaendringer på regional skala. Men våre forgjengere har lagt et godt grunnlag for videre klimaforskning.



Figur 4. Figuren viser beregnet global oppvarming sammenlignet med observerte verdier (Obs). Beregningene er utført for tre ulike scenarier for utslipp av drivhusgasser og aerosoler (Kurve *A*, *B* og *C*).

Litteratur

1. J. Hansen et al.: *The missing climate forcing.* Phil. Trans. R. Soc. London **352,** 231–240 (1997)
2. J. Hansen et al.: *Global climate changes as forecast by the Goddard Institute for Space Studies three-dimensional model.* J. Geophys. Res. **93,** 9341–9364 (1988)
3. J. Hansen et al.: *Radiative forcing and climate response.* J. Geophys. Res. **102,** 6831–6864 (1997)
4. J. Hansen et al.: *Forcing and chaos in interannual to decadal climate change.* J. Geophys. Res. **102,** 25 679–25 720 (1997)

∞

Fysikkdidaktikk – en mulig beskrivelse

Rolf V. Olsen og Are Turmo *

Realfagenes didaktikk er en relativt ny akademisk disiplin i Norden, og en kan tidvis få inntrykk av at 'fagdidaktikk' er blitt et moteord. "Mer fagdidaktikk" kan synes å ha blitt et universalsvar på en rekke problemstillinger knyttet til skole og utdanning, og fagdidaktikken er blitt styrket i lærerutdanningen. Vitenskapelig personale ved høgskoler og universiteter som utdanner lærere, synes å ha ulike oppfatninger av hva naturfagdidaktikk er, noe som nettopp er en konsekvens av at denne disiplinen er så ung. Fysikkdidaktikk er naturlig nok en gren innen denne disiplinen. Vi vil her med bred pensel forsøke å trekke opp en skisse av fysikkdidaktikken slik den framstår i dag.

Fysikkdidaktikk – begrepsmessig innsnevring og utvanning

Fagdidaktikken har vokst fram ved de miljøene som er involvert i lærerutdanning. Innledningsvis kan det derfor være nærliggende å karakterisere den som refleksjoner rundt de respektive skolefagene. Fysikkdidaktikk kan derfor i første omgang sies å være refleksjoner knyttet til fysikkfaget i skolen.

Refleksjoner er noe upresist. En presisering

*Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, UiO.

vil være refleksjoner eller vurderinger knyttet til begrunnelser, utvalg, strukturering og tilrettelegging av undervisningen i faget. I forbindelse med slike vurderinger har fagdidaktikeren behov for å trekke inn kunnskap fra ulike akademiske disipliner. Foruten kunnskap i det konkrete faget, i vårt tilfelle fysikk, må han ha kjennskap til pedagogikk, som i seg selv er tverrfaglig. Denne tverrfagligheten ligger i spennet mellom generell kunnskap innen læringspsykologi, sosialiseringsteori og skolehistorie. For å kunne vurdere faget i et større perspektiv, må fagdidaktikeren også trekke inn akademiske disipliner som vitenskapssosiologi, vitenskapshistorie og vitenskapsfilosofi.[1] Han må også i sitt arbeid med disse problemstillingene ha et reflektert forhold til de metoder som brukes. Dette vil innebære at vedkommende må ha kompetanse innen både kvalitative og kvantitative forskningsmetoder.

En mulig fare er at disiplinen i sin tverrfaglige orientering faller mellom flere stoler og ikke framstår med en egen identitet. Realfagdidaktikken har imidlertid utviklet seg betydelig de siste 20–30 årene, fra å være et fag som man kunne kalle for undervisningsmetoder i realfagene, til å bli et fag med en egen identitet, dvs. med egne professorater ved de akademiske institusjonene, og egne organisasjoner som står bak tidsskrift og konferanser hvor man kan presentere og debattere resultater fra forskningen på området. Fagdidaktikk er på denne måten blitt mer enn summen av alle de disiplinene som nevnes ovenfor, og framstår derfor i dag med en egen identitet. Like fullt er disiplinen i rask endring.

Fysikkens hva, hvorfor, hvordan og for hvem

Sjøberg[2] beskriver naturfagdidaktikk som svar på spørsmålene *hva, hvorfor, hvordan* og *for hvem* anvendt på naturfag i skolen. Disse fire spørsmålene er sentrale i all fagdidaktikk. Men når man begynner å formulere mulige svar, ser man raskt at fagdidaktikken blir nøye knyttet til det enkelte fag.

Før man kan angripe de fire fagdidaktiske spørsmålene, må *hva*-spørsmålet stilles på en helt grunnleggende måte: Hva er naturvitenskap? Eller i denne sammenhengen: Hva er fysikk?

Disse tilsynelatende enkle spørsmålene er slett ikke trivielle. Det dreier seg blant annet om å beskrive fysikken som erkjennelsesform, noe verken vitenskapsfilosofene eller vitenskapshistorikerne har gjort entydig. Det dreier seg også om å klargjøre hva som eventuelt er felles for de ulike fysikkdisiplinene, og hva som skiller dem fra andre former for erkjennelse. Her er tre mulige kategorier:

- Fysikkens produkter: begrepene (atomer, svarte hull, energi), lovmessighetene (Ohms lov, Heisenbergs usikkerhetsrelasjon), teoriene (kvantemekanikken, relativitetsteorien).
- Fysikkens prosesser: metoder, teknikker og prosedyrer for å løse problemer og vinne ny erkjennelse, altså det som vi kaller vitenskapelig metode.

  Her finnes det en omfattende filosofisk diskusjon, rik på motsetninger og tilnærminger. Man bør i alle fall unngå å omtale prosessene i bestemt form, som "den vitenskapelige metoden". Elementærpartikkelfysikeren bruker eksempelvis metoder som skiller seg vesentlig fra astrofysikerens.
- Fysikk/fysikere som sosialt system, som institusjon og som en del av samfunnet.

  Spesielt i nyere tid er denne siden blitt mer og mer framtredende i den vitenskapsteoretiske beskrivelsen av realfagene. Kjernen i denne beskrivelsen er at de vitenskapelige "sannhetene" ikke eksisterer uavhengig av fysikerne og det sosiale samspillet mellom disse og samfunnet som helhet.

Fysikkfaget i skolen bør på en eller annen måte reflektere alle de tre sidene ved vitenskapen, både produktaspektet, prosessaspektet og vitenskapen som sosial institusjon. Tradisjonelt har faget vært konsentrert bare om den første dimensjonen. Etter hvert har man også fått læremidler med en klarere orientering mot metoder og prosesser, og mot sosiale og samfunnsmessige sider, som i miljølære og i STS-undervisning (Science, Technology and Society-prosjekter).

Dersom vi prøver å angi et konkret innhold for fysikkfaget innenfor disse dimensjonene, ser vi raskt at *hva*-spørsmålet er uløselig knyttet til spørsmål om *hvorfor* og ikke minst *for hvem*. Det er ikke slik at innholdet i vårt skolefag gir seg selv. Man kan f.eks. ikke automatisk lage et pensum i fysikk ved å ta utgangspunkt i vitenskapsfaget. Det er i relasjon til ytre faktorer at et argument for eller mot et spesielt faglig innhold dannes. Det er vanlig å sortere de ulike argumentene som brukes om skole generelt og fysikkfaget spesielt, i fire kategorier:

1. Det økonomiske argumentet:
   Dagens høyteknologiske samfunn er dominert av kunnskapsindustri. I den sterke internasjonale konkurransen vil det være nødvendig å ha en befolkning som har innsikt i fysikk, og en elite med spesialkompetanse innen faget.
2. Nytteargumentet: Den innsikten som fysikken gir, vil bidra til at vi mestrer og forstår bedre den verden vi lever i.
3. Det demokratiske argumentet: Vi lever i en verden hvor viktige politiske/etiske spørsmål har et fysikkfaglig tilsnitt. Dersom man ønsker å ha et samfunn med selvstendige individer, må man ha en befolkning som har så god innsikt at man kan fatte politiske/etiske beslutninger med basis i rasjonelle argumenter om den fysiske verden.
4. Det kulturelle argumentet: Den vestlige sivilisasjon slik den har utviklet seg i de siste århundrene, er sterkt preget av framskritt i naturvitenskapene generelt. De har ikke bare påvirket en teknologisk utvikling, men også vår tenkemåte og identitet som er preget av modernitet, rasjonalitet og opplysning. Fysikken er derfor en viktig del av vår kulturarv.

Vi ser at vektlegging av ulike argumenter vil påvirke innholdet i fysikkfaget. Eksempelvis vil en vektlegging av nytteargumentet gi fokus på å beskrive dagligdagse fenomener, mens kulturargumentet vil kunne medføre at man drøfter fysikkfaget i relasjon til filosofiske spørsmål. De dokumenter som beskriver dagens fysikkfag (læreplaner, skriv fra eksamenssekretariatet, eksamensoppgaver etc.) legger størst vekt på nytteargumentet.

Dersom vi nå også trekker inn i drøftingen hvem fysikkfaget er til for, vil vi enda tydeligere se at innholdet i faget ikke gir seg selv. Det grunnleggende spørsmålet er om vi ønsker et fag for de fleste, eller et fag bare for en liten andel av elevene. Vi må erkjenne at vi i dag har et fysikkfag bare for et spesielt utvalg av elever. Av hele aldersgruppen var det kun 8 % som valgte 3FY i 1995, og kun 4 % av jentene![3]

Vi ser at de tre spørsmålene som innledes med hva, hvorfor og for hvem, gir en struktur som er nyttig når man reflekterer over innholdet i fysikkfaget i skolen.

Det er imidlertid et viktig aspekt ved fysikkdidaktikken som ennå ikke er berørt, nemlig *hvordan*-spørsmålet. For de av oss som er fysikklærere, er kanskje dette spørsmålet det mest sentrale. De tre spørsmålene som dreier seg om fagets innhold (hva, hvorfor, for hvem), er spørsmål som hovedsakelig besvares på systemnivå, f.eks. av departementet og av dem som utnevnes til å delta i læreplangrupper.

Hverdagsforestillinger

Hvordan-spørsmålet består av to sammenvevde spørsmål:

- Hvordan lærer elever fysikk?
- Hvordan kan vi tilrettelegge undervisningen for å oppnå at elevene lærer fysikk?

I realfagdidaktikken har man i dag et grunnsyn som poengterer at elever aktivt bearbeider de sanseinntrykk som uopphørlig strømmer inn, og vil til en viss grad selv velge hvilke sanseinntrykk de vil fokusere på. Disse sanseinntrykkene er ikke meningsbærende i seg selv. Meningen skapes ved å knytte inntrykkene til allerede eksisterende kunnskap. Dette betyr at elevene konstruerer sine egne forestillinger av de begrepene, lovene og teoriene som vi tar opp i undervisningen. Dette er ikke uproblematisk. Det medfører bl.a. at elevenes egne forestillinger sjelden er speilbilder av de naturvitenskapelige begrepene, lovene eller teoriene. Et slikt læringssyn kalles ofte for personlig konstruktivisme.

Innenfor fagdidaktikken opererer man også med begrepet sosial konstruktivisme. Dette betyr at læring, eller meningsdanning, skjer i et sosialt samspill. I denne artikkelen vil vi imidlertid ikke drøfte dette nærmere, men heller fokusere på læringsprosessen hos den enkelte elev.

Med et konstruktivistisk syn på læring blir det viktig å undersøke elevenes egne forestillinger. Før elevene kommer inn til sine første fysikktimer, har de erfart og sanset fenomener i den fysiske verden. De har derfor allerede mange forestillinger knyttet til slike hverdagserfaringer, som da ofte kalles hverdagsforestillinger. Dette har man for så vidt vært klar over i lang tid, men det er først de siste 20 årene man har gjennomført grundige og systematiske undersøkelser for å avdekke slike forestillinger. Spesielt er elevers forståelse av sentrale begreper og lover i mekanikk og elektrisitetslære grundig kartlagt. Typisk for slike forestillinger er at de fungerer godt i hverdagen. Våre egne erfaringer tilsier f.eks.

Fra Fysikkens Verden

61. årgang
1999

Norsk Fysisk Selskap
Oslo 1999

ISSN-0015-9247

Innhold FFV 1999

Nr. 1:

Fra Redaktørene 2
Gjest i FFV:
Thormod Henriksen 2
Medisinsk ultralydavbildning
Sverre Holm 4
Lys som hjelpemiddel i kreftdiagnostikk
Johan Moan 11
Indeks FFV 1998 17
Mulig forekomst av supertunge grunnstoffer
Arild O. Brunfelt 21
Bokkronikk: Arne Valberg: Lys, syn, farge.
Tapir forlag, Trondheim, 1998.
Torger Holtsmark 25
Fysikk i skolen 28
Anders Isnes: Fysikkundervisningen i England
Nye Doktorer 29
Dr.ing. Hilde Merete Olerud
Dr.scient. Bjørn Braathen
Dr.scient. Are Olsen
Dr.scient. Trygve Sparr
Dr.ing. Frode Strisland
Dr.ing. Sølvi Ystad
Trim i FFV 32
Kommentar 32
Carl Angell og Arne Auen Grimnes:
Fysikkundervisning – Europhysics News
Nytt fra NFS 32
Fysikkundervisningen 1997/98
Fysikermøtet 1999
Årsmøtet 1999
Nettverksmøte
E-postadresser for medlemmer
Nye medlemmer
Påmelding til Fysikermøtet

Nr. 2:

Fra Redaktørene 38
Gjest i FFV:
Steinar Stapnes 38
FFV Gratulerer:
Jan S. Vaagen æresprofessor i Russland
SINTEFs pris til Asle Sudbø og Anh Kiet Nguyen
Norsk Varekrigsforsikrings pris til Frank Melandsø
Redaksjonen 39
In Memoriam:
Bjørn Håvard Wiik
Haakon Olsen og Per Osland 40
Biologiske effekter av elektromagnetiske felt
Arnt Inge Vistnes 42
Stråling og risiko
Thormod Henriksen 48
Mot Saturn og Titan
Arne Pedersen 53
Fysikknytt 57
Hans Pécseli: Dansk satellit i rummet
Fysikk i skolen 58
Anders Isnes: Science-sentre og rekruttering
Bokomtaler 59
Matts Roos: Introduction to Cosmology, 2nd ed.
John Wiley & Sons, 1997.
Marc Lachièze-Rey: Cosmology, a first cource.
Cambridge University Press, 1995.
Pehr Sällström: Färglära på datorn.
Kosmos forlag, 1999.
Nye Doktorer 62
Dr.scient. Lisbeth Bergholt
Dr.scient. Stein Egil Håland
Dr.scient. Ole Martin Løvvik
Dr.philos. Barbra B. Noodt
Dr.scient. Øyvind Overrein
Dr.scient. Ole Myren Røhne
Dr.scient. Elin Steinsland
Dr.scient. Thomas Walmann
Dr.scient. Øivind Wikstøl
Trim i FFV 66
Hva skjer 67
Rondablikk-seminaret 1999
Solformørkelse i Norge

Nr. 3:

Fra Redaktørene 70
In Memoriam:
Tor Fredrik Thorsteinsen
J.R. Lien, G. Løvhøiden og K. Nybø 70
Truls S. Ringnes
O. Engvold, Ø. Hauge og P. Maltby 72
FFV Gratulerer:
Simradprisen til Jon Thomas Kringlebotn
NFSs undervisningspris til Nils Fløttre
Norsk Hydros pris til Ove Havnes
Redaksjonen 72
Er universet i akselerert ekspansjon?
Øyvind Grøn 73
Er fysikerne fysikkens verste fiender?
Arnt Inge Vistnes 81
Fysikk i skolen 87
Notto Mykland: Fysikk i videregående skole
Anders Isnes: EPS prioriterer utdanning
Konferanse 89
Sigrid Sagevik og Amund Bjerve: ICPS'99
Bokomtaler 91
John Earman:
Bangs, Chrunches, Whimpers and Shrieks.
Singularities and Acausalities in Relativistic Spacetimes.
Oxford University Press, 1995.
Alan H. Guth: The Inflationary Universe.
The Quest for a New Theory of Cosmic Origins.
Jonathan Cape, 1997.
Michael Baziljevich: Atomet og eplet.
En utrolig reise ...
Damm Forlag, 1999.
Nye Doktorer 95
Dr.scient. Øystein Elgarøy
Dr.scient. Lars T.F. Evensen
Dr.scient. Alv-Arne Grimstad
Dr.scient. Anette Eleonora Gunnæs
Dr.scient. Daya Jiang
Dr.scient. Ib-Rune Johansen
Dr.scient. Heidi Kjønsberg
Dr.scient. Bjørn Magne Sundal
Dr.scient. Knut Øvsthus
Trim i FFV 100
Nytt fra NFS 100
Fysikermøtet 1999
Årsmøtet 1999
Nye medlemmer

Nr. 4:

Fra Redaktørene 106
FFV Gratulerer:
Laszlo P. Csernai medlem i Academia Europaea
Redaksjonen 106
Gammaglimt
Øyvind Grøn 107
Er $E = mc^2$ og massen hastighetsavhengig?
Magne Kringlebotn 114
Nye faser i to dimensjoner?
Olav F. Syljuåsen 118
Nobelprisen i fysikk 1999
Hallstein Høgåsen 120
Nobelprisene i kjemi 1998 og 1999
Leif Veseth 122
Fysikk i skolen 124
Anders Isnes: Symposium om energiundervisning
Bokomtaler 125
Konrad Rudnicki: The Cosmologist's Second.
The Riddle of Time in Theories of the Universe.
Lindisfarne Press, 1991.
Konrad Rudnicki: The Cosmological Prinsiples.
Jagiellonian University, 1995.
Constance Reid: Courant,
Springer Verlag, 1996.
Nye Doktorer 128
Dr.philos. Turi Danielsen
Dr.scient. Torkild Eriksen
Dr.scient. Ellen Karoline Henriksen
Dr.ing. Anh Kiet Nguyen
Dr.ing. Knut Eilif Aasmundtveit
Trim i FFV 130
Hva skjer 131
Fysikarmøtet 2000
Nytt fra NFS 131
Priser til utdeling
Nye medlemmer

∞

Forfatterregister 1999

Angell, Carl og Arne Auen Grimnes:
Fysikkundervisning – Europhysics News 32
Brunfelt, Arild O.:
Mulig forekomst av supertunge grunnstoffer 21
Bruvoll, Heidi:
Årsmøtet 1999 101
Engvold, Oddbjørn, Øivind Hauge og Per Maltby:
Truls S. Ringnes in memoriam 72
Grimnes, Arne Auen:
Fysikkundervisningen 1997/98 32
Grøn, Øyvind:
Er universet i akselerert ekspansjon? 73
Grøn, Øyvind:
Gammaglimt 107
Hansen, Jan Petter:
Fysikermøtet 1999 33
Hellesø, Olav Gaute:
Fysikarmøtet 2000 131
Henriksen, Thormod:
Thormod Henriksen ser tilbake 2
Henriksen, Thormod:
Stråling og risiko 48
Holm, Sverre:
Medisinsk ultralydavbildning 4
Holtsmark, Torger:
Bokkronikk: Arne Valberg: Lys, syn, farge.
Tapir forlag, Trondheim, 1998 25
Holtsmark, Torger:
Bokomtale: Pehr Sällström: Färglära på datorn.
Kosmos forlag, 1999 61
Høgåsen, Hallstein:
Nobelprisen i fysikk 1999 120
Isnes, Anders:
Fysikkundervisningen i England 28
Isnes, Anders:
Science-sentre og rekruttering til realfagene 58
Isnes, Anders:
EPS prioriterer utdanning 88
Isnes, Anders:
Symposium om energiundervisning 124
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Matts Roos:
Introduction to Cosmology, 2nd ed.
John Wiley & Sons, 1997 59
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Marc Lachièze-Rey:
Cosmology: a first cource.
Cambridge University Press, 1995 60
Knutsen, Henning:
Bokomtale: John Earman:
Bangs, Chrunches, Whimpers and Shrieks.
Singularities and Acausalities in Relatistic Spacetimes.
Oxford University Press, 1995 91
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Alan H. Guth:
The Inflationary Universe.
The Quest for a New Theory of Cosmic Origins.
Jonathan Cape, 1997 92
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Konrad Rudnicki:
The Cosmologist's Second.
The riddle of Time in Theories of the Universe.
Lindisfarne Press, 1991 125
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Konrad Rudnicki:
The Cosmological Principles.
Jagiellonian University, 1995 125
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Constance Reid: Courant
Springer Verlag, 1996 126
Kringlebotn, Magne:
Er $E = mc^2$ og massen hastighetsavhengig? 114
Lien, Jan R., Gunnar Løvhøiden og Karl Nybø:
Tor Fredrik Thorsteinsen in memoriam 70
Moan, Johan:
Lys som hjelpemiddel i kreftdiagnostikk 11
Mykland, Notto:
Fysikk i videregående skole 87
Olsen, Haakon og Per Osland:
Bjørn Håvard Wiik in memoriam 40
Pécseli, Hans:
Dansk satellit i rummet 57
Pedersen, Arne:
Mot Saturn og Titan 53
Sagevik, Sigrid og Amund Bjerve:
Konferanse: ICPS '99 i Helsinki 89
Stapnes, Steinar:
Presidenten har ordet 38
Stapnes, Steinar:
Fysikermøtet 1999 100
Syljuåsen, Olav F.:
Nye faser i to dimensjoner 118
Veseth, Leif:
Nobelprisene i kjemi 1998 og 1999 122
Vistnes, Arnt Inge:
Biologiske effekter av elektromagnetiske felt 42
Vistnes, Arnt Inge:
Er fysikerne fysikkens verste fiender? 81
Vistnes, Arnt Inge:
Bokomtale: Michael Baziljevich: Atomet og eplet.
En utrolig reise ...
Damm Forlag, 1999 94

∞

at vi må bruke en kraft for å få en bil, eller en hvilken som helst annen gjenstand, til å bevege seg med konstant fart. Andre eksempler er nedfelt i det språket vi bruker, f.eks. at når vi åpner et vindu så "slippes kulda inn".

Foruten å undersøke hvilke forestillinger som er utbredt hos elever, er man i fysikkdidaktikken også opptatt av å si noe om hvordan denne kunnskapen er organisert hos eleven og hvilken status slike forestillinger har. Er f.eks. disse hverdagsforestillingene en del av en større helhet, en slags teoriramme, eller er de løsrevne ideer som utløses i bestemte situasjoner? For de som skulle være interessert i å fordype seg mer i dette, anbefaler vi Carl Angells doktorgradsavhandling[4] som kan kjøpes fra Fysisk institutt, UiO. Han drøfter med bakgrunn i data fra TIMSS-undersøkelsen (The Third International Mathematics and Science Study) elevers forståelse av mekanikk og elektromagnetisme.

Hva så med undervisningen?

Vi vil prøve å kommentere kort det andre spørsmålet ovenfor, nemlig om hvordan kunnskap om elevenes læring kan gjøre oss i stand til å gi bedre undervisning i fysikk. Vi har dessverre ikke noe klart fasitsvar å gi.

Vi kan imidlertid slå fast at læringssynet som vi presenterte ovenfor, gir en generell regel: Det læreren (eller læreboka) sier, er ikke det samme som det elevene lærer. Dette vet selvsagt alle som har undervist i fysikk, eller i et hvilket som helst annet fag. Dette læringssynet gir imidlertid en plausibel forklaring på hvorfor det er slik. Det er eleven selv som konstruerer sin forståelse, og i denne prosessen vil elevene bl.a. bruke den kunnskapen de allerede har.

Et mulig svar på hvordan vi kan bedre undervisningen, er at lærerne bruker tid på å undersøke elevenes forståelse *før* undervisningen gis, ikke bare etterpå i form av en prøve el.l. Dette kan skje på mange måter. Man kan gi en enkel test med flervalgsoppgaver som er spesielt laget for å avdekke bestemte forestillinger, eller man kan "stille en diagnose" ut fra samtaler eller diskusjoner. En slik samtale kan eksempelvis ta utgangspunkt i noen enkle situasjoner eller praktiske demonstrasjoner som har vist seg å være hensiktsmessige til å få fram elevenes hverdagsforestillinger.

Det er imidlertid ikke klart hvordan vi kan bruke denne innsikten videre. Det har vært prøvd ut undervisningsforløp der man kartlegger hverdagsforestillingene for så å utfordre disse ved å gi eksempler som kan overbevise eleven om at hverdagsforståelsen kommer til kort. Man har på denne måten forsøkt å skape en "kognitiv konflikt". Slike hverdagsforestillinger har imidlertid vist seg å være svært stabile og levedyktige, ofte nesten som immune mot undervisning. En åpenbar grunn til dette er at de ofte gir meningsfulle beskrivelser tilpasset hverdagslivets behov. En annen mulig kritikk av en slik strategi er at den til en viss grad innebærer at eleven skal overbevises om at han tenker feilaktig. Hverdagsforestillinger er imidlertid ikke feilaktige eller verdiløse i den sammenhengen hvor de har oppstått.

En annen innfallsvinkel som er blitt foreslått, er i større grad å bygge videre på elevenes hverdagsforestillinger, eller deres *intuitive* fysikk. I korte trekk kan man si at denne undervisningsmetoden tar utgangspunkt i en spesiell situasjon hvor elevene har en fruktbar intuisjon.

Et eksempel: Det er dokumentert at mange elever har problemer med å forstå Newtons 3. lov. For en bok som ligger på et bord, vil disse elevene ofte si at det virker en kraft fra boka på bordet, men at det virker en kraft fra bordet på boka vil de ikke uten videre gå med på. En løsning her kan være å ta utgangspunkt i elevenes intuisjon om fjærer. Sett at vi nå legger boka på en fjær. Flere elever vil akseptere at fjæra virker på boka med en kraft. Vi kan så bruke denne analogien videre i en rekke av analogier som bringer oss tilbake til den opprinnelige situasjonen. Veien videre til at bordplata også kan sees på som "en slags fjær", er ikke veldig lang.[5]

Fysikk er et fag hvor det er lett å finne analogier. I en undervisning hvor vi prøver å utnytte elevenes intuisjon, blir det viktig å tenke gjennom hvordan vi kan utnytte analogier for å "trigge" intuitive ideer på en hensiktsmessig måte.

Vanligvis brukes analogier som snarveier inn i vanskelige emner. Men det læringssynet som vi har presentert, poengterer at det er viktig å la elevene få tid til å reflektere over analogien og sin egen forståelse av denne. Dermed ser vi også at *hvordan*-spørsmålet henger sammen med *hva*-spørsmålet. Enhver undervisningsmetode som medfører økt tidsbruk, vil selvsagt føre til at vi må prioritere enda strengere i innholdet. Vi er redd for at vi i dag bruker for kort tid på for mange emner.

Avsluttende kommentarer

Denne artikkelen har gitt en presentasjon av en oppfatning av fysikkdidaktikken som akademisk disiplin. Vi vil ikke med dette si at vi har presentert alt det fysikkdidaktikere driver med. Det er sentrale problemstillinger som kun er blitt tangert, og som uten tvil hadde fortjent større omtale. Vi har f.eks. brukt ordet forståelse innimellom. Dette er et sentralt begrep i fysikkdidaktikken: Hva mener vi når vi sier at en elev har forstått (eller ikke forstått) fysikk? Hva innebærer det å ha en god forståelse av Newtons tredje lov?

Vi har dessuten definert fysikkdidaktikken i en skolekontekst. Dette er ikke helt dekkende. Eksempelvis blir det forsket på hvordan voksne oppfatter den fysiske verden, og på hvordan fysikken blir fremstilt i ulike media. Vi håper imidlertid at vi har bidratt til å gi en ramme som kan være nyttig i din egen refleksjon rundt skolefaget fysikk.

Referanser

1. Sjøberg, S.: *Naturvitenskap, demokrati og dannelse – noen fagdidaktiske perspektiver.* I Karsten Schnak (red): Fagdidaktik og Dannelse – i et demokratisk perspektiv, Didaktiske studier, Bind 10. Danmarks Lærerhøjskole, København, 1994.
2. Sjøberg, S.: *Naturfag som allmenndannelse – en kritisk fagdidaktikk.* Ad Notam Gyldendal, 1998.
3. Angell, C., M. Kjærnsli og S. Lie: *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* Universitetsforlaget, Oslo, 1999.
4. Angell, C.: *Elevers fysikkforståelse. En studie basert på utvalgte fysikkoppgaver i TIMSS.* Dr.scient-avhandling, Universitetet i Oslo, 1996.
5. Clement, J.J.: *Expert novice similarities and instruction using analogies.* International Journal of Science Education, **20**, no. 10, 1998.

∞

3D med slumppunkter

Svenn Lilledal Andersen og Otto Øgrim *

Når vi ser dybde i naturen, har det bl.a. sammenheng med at:

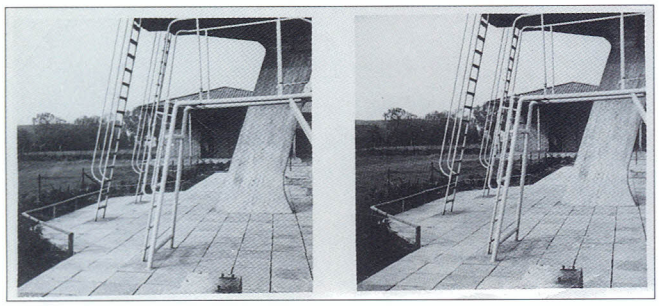
- **vi ser ulike utsnitt med de to øynene**
- **vinkelen mellom retningen fra de to øynene til det vi ser på, varierer med avstanden**
- **nære ting skjuler dem som ligger lenger vekk**
- **ting langt borte lager mindre bilder på netthinna enn ting nær ved**
- **hvis vi flytter hodet sidelengs, flytter tilsynelatende nære og fjerne ting seg i forhold til hverandre – de nære ting går mot hodebevegelsen, de fjerne med**
- **øyepupillen endrer seg når avstanden endrer seg.**

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

To bilder blir til ett

I begynnelsen av 1900-åra var det *in* å bruke stereokameraer; to kameraer plassert ved siden av hverandre som tok bilder samtidig. Man så på bildene med én lupe for høyre øye og én for venstre. Siden kameraene sto lengre fra hverandre enn avstanden mellom øynene våre, fikk vi et overdrevet, flott dybdebilde. Figur 1 viser et typisk stereobilde av denne typen.

Med litt trening kan man se på sånne bilder og få dybdeopplevelse uten bruk av luper. Man må da få innstilt øynene slik at synsretningene fra øynene møter hverandre et stykke bak de to bildene. Linja mellom bildesentrene må være parallell med linja mellom øyepupillene; ikke hold hodet på skrå. *Når man ikke bruker luper, forutsetter dette at avstanden mellom sentrene i de to bildene er mindre enn avstanden mellom øynene.*



Figur 1. Et typisk stereobilde tatt med to kameraer, slik det ble gjort i begynnelsen av forrige århundre.

Er dette vanskelig å få til, kan man hjelpe på ved å holde et papirark mellom bildene og øynene sånn at venstre øye bare kan se venstre bilde og høyre kan bare se høyre bilde.

Ellers går det an å se sånn at synsretningene krysser hverandre mellom øynene og bildene. Da får man omvendt dybdevirkning.

Fyrstikkforsøk

Hold to fyrstikker, en i hver hand, i leseavstand foran øynene. Langsynte bør bruke lesebriller. Fyrstikkene skal være parallelle og loddrette, og det skal være omtrent 10 cm mellom dem.

Se med høyre øye mot høyre stikke, og med venstre mot venstre stikke. Før dem langsomt nærmere hverandre til du ser 3 fyrstikker. Du ser 2 stikker med hvert øye, men du fører dem altså mot hverandre til de midterste smelter sammen til ett bilde. Her er det nok hjernen som tolker resultatet, for på netthinnene må det være fire bilder i alt hele tida.

Se på det bildet du har nå en liten stund. Før så fyrstikkene ørlite, ganske sakte nærmere og så ørlite lenger fra hverandre, kanskje en millimeter. Det vi da oppfatter er at når fyrstikkene fjerner seg fra hverandre, rykker det midtre bildet lenger vekk. Når de nærmer seg hverandre, kommer det midterste bildet nærmere oss.

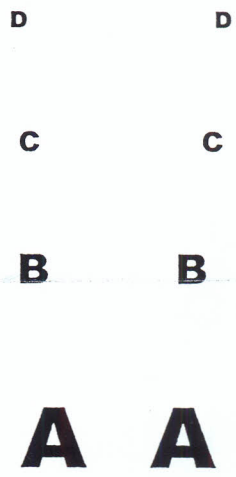
Når fyrstikkene nærmer seg til hverandre, blir vinkelen mellom synsretningene fra øynene større. Et punkt nær oss ser vi med stor vinkel mellom de to synsretningene. For et punkt fjernt fra oss, blir denne vinkelen praktisk talt null.

- Liten vinkel – langt unna
- Stor vinkel – nær ved.

Det går an å la synsretningene krysse hverandre mellom øynene og fyrstikkene. Hvis du får til det, vil det føre til en omvendt avstandsfølelse også.

Bokstavkolonner

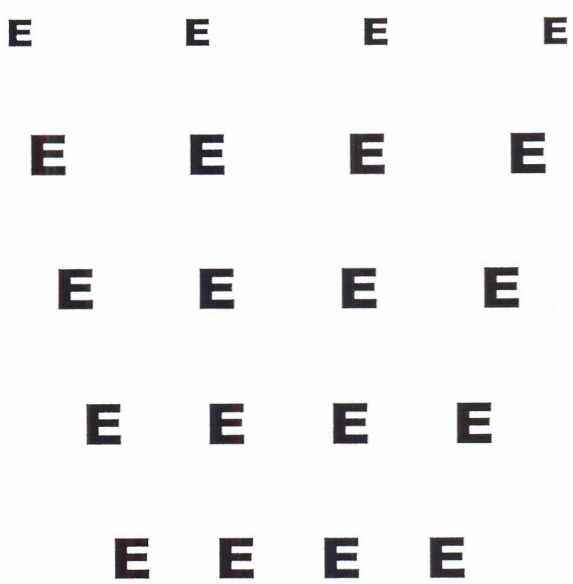
Du kan også se på figur 2 sånn som på fyrstikkene. Når vi får til dybdesynet, ser vi tre bokstavkolonner istedenfor de to som virkelig står der. Hvis det er vanskelig å få det til, kan du holde et A4 ark mellom A-ene og deg, sånn at høyre øye bare ser den høyre kolonnen, osv. Da smelter som regel de to kolonnene sammen til en kolonne med dybde.



Figur 2. Illusjon av dybdesyn. Forklaring i hovedteksten.

Hvis vi beveger hodet sidelengs, går de bokstavene som tilsynelatende er lengst vekk i motsatt retning. Sånn er det ikke i naturen.

I figur 3 kan vi få til fem kolonner istedenfor fire som virkelig står der. Dette er kanskje vanskeligere enn med bare to kolonner. De ytterste kolonnene har ikke dybde.



Figur 3. Illusjon av én kolonne mer enn de som virkelig står der. Se hovedteksten.

Dybde i ett bilde

Nå kommer vi til mer forseggjorte bilder, og her nytter det ikke med noe papirark mellom, heller. Her må man bare sitte og stirre på bildet helt til man greier å la synsretningene krysse hverandre et passende stykke bak bildet. Forsøk å begynne med nesa helt inntil bildet, og trekk bildet langsom unna.

De bildene vi har, er bare vannrett tredimensjonale. Når man ser på dem, må man holde hodet rett sånn at linja mellom øynene er parallell med bildets horisontalretning. Bare en liten dreining kan gjøre at dybden forsvinner.

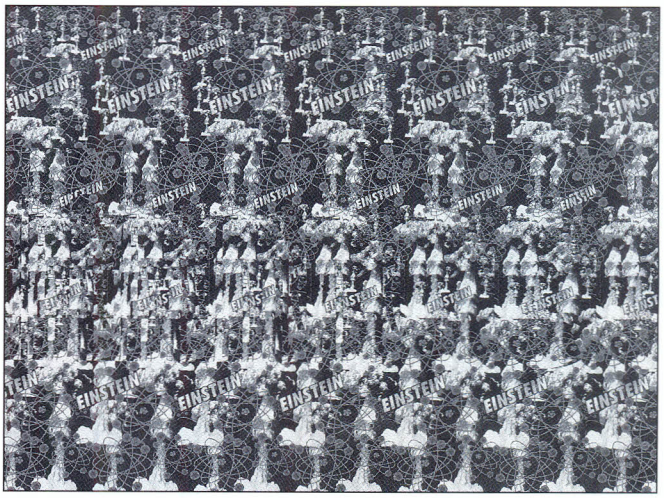
Figur 4. Et bilde som gir oss en helt overbevisende dybde. (Figuren er hentet fra boken Magic Eye III – Visions: A New Dimension in Art. Andrews and McMeel, 1994)

I figur 4 skal vi kunne få en helt overbevisende dybde. Vitsen er nok at hjernen smelter sammen bildene av gravsteiner fra venstre netthinne med andre gravsteiner fra høyre netthinne, og tilsvarende sammensmeltninger over hele bildet. Resultatet er nesten parallelle synsretninger til punkter vi oppfatter som langt vekk, og omvendt.

Også her er det mulig å få synsretningene til å krysse hverandre mellom øynene våre og det vi ser på. Det er kanskje ikke så lett med dette bildet, men hvis vi får det til, får vi et omvendt perspektiv.

Bildet på figur 5 er litt vanskeligere å få til. Her vet vi ikke engang på forhånd hva vi skal se. Likevel er det nok slik at noe som venstre øye ser, smelter i hjernen sammen med noe som høyre øye ser, og så oppstår det dybde i bildet.

I hvert fall må synsretningene samles et passende sted bak bildet, og da ser vi at det står $E = mc^2$, tilsynelatende nærmere oss enn resten av



Figur 5. Som figur 4, men litt vanskeligere å få til. Kommentarer i hovedteksten. (Figuren er hentet fra boken Another Dimension. 21st Century Publishing, 1994)

bildet. Her er det forholdsvis lett å oppfatte det omvendt også, altså slik at uttrykket $E = mc^2$ ligger lenger vekk enn resten av bildet. Hvis bildet blir for stort, får man det ikke til. Etter vår erfaring er 15 cm en passende bildebredde. Her syns vi det er opplagt at dette ikke kan foregå i øynene, men må være noe som finner sted i hjernen.

Noen har kalt denne formen for stereoskopiske bilder for slumppunktstereoskopi. Det fins mange bøker med slike bilder som kan være mer innviklede enn det Einstein-bildet vi har vist.[1,2] I noen av dem ser vi ingen umiddelbar systematikk i det hele tatt. Likevel må det være tilstrekkelig mange horisontale gjentakelser i noen få centimeters avstand til at hjernen kjenner igjen noe og lar det smelte sammen til ett bilde.

∞

Konferanser

Spåtindkonferansen år 2000

Årtusenets første konferanse i partikkelfysikk ble avholdt ved Spåtind høyfjellshotell fra 5. til 10. januar. Det etter hvert så tradisjonelle arrangementet hadde i år samlet 86 deltakere, hovedsakelig fra de nordiske land. Ansvaret for arrangementet går på rundgang blant de nordiske landene, og i år var det finnenes tur.

Konferansen åpnet med en oversikt over universets bestanddeler, meget pedagogisk presentert av Andrew Liddle, Sussex. Nyere observasjoner gjør at kosmologi er i ferd med å bli en kvantitativ vitenskap. Observasjonene som har fått mest oppmerksomhet den siste tiden, er de som er gjort via det såkalte kosmologiske supernovaprosjektet. Ved systematisk observasjon med verdens kraftigste teleskoper, har en kunnet studere utviklingen av omtrent 40 fjerne supernovaer. Poenget er imidlertid ikke å lære noe om supernovaer. Tvert om – supernovaenes kjente egenskaper gjør det isteden mulig å bruke observasjoner av rødskift og lysstyrke til presis bestemmelse av deres avstand og hastighet. Den interessante observasjonen er at supernovaene fjerner seg raskere fra oss enn tidligere antatt – vi lever i et aksellererende univers! Dette har implikasjoner både for mørk materie og for verdien av den såkalte kosmologiske konstanten. Tidligere ville man gjerne at denne skulle være lik 0, men nå behøves den for å forklare observasjonene.

Superstrenger har i en årrekke begeistret teoretikerne innen partikkelfysikkmiljøet. Grunnen til dette er at det er den eneste kjente måten å inkorporere gravitasjon i en enhetlig teori for alle vekselvirkninger. Imidlertid har det vært så som så med prediksjoner som kan etterprøves. Reykjaviks Larus Thorlacius og Norditas Paolo di Vecchia, gav oss en innføring i de nyeste utviklinger som har gitt ny interesse for teoriene, idet en (under visse forutsetninger) nå kan komme med prediksjoner som kan studeres eksperimentelt. Oslos Trond Myklebust forklarte hvordan dette har vært gjort med data fra Delphi-detektoren. Observasjonene viser imidlertid ingen avvik fra kjent fysikk.

Det eksperimentelle resultat som har fått mest oppmerksomhet siden siste Spåtind-møte, er utvilsomt observasjonene fra det japanske undergrunnseksperimentet Super-Kamiokande, om at det ser ut som at flere myon-nøytrinoer forsvinner som funksjon av flygelengde enn det som kan forklares med normale prosesser. Eksperimentet sammenligner antallet nøytrinoer som kommer ovenfra med dem som passerer gjennom jorden før de observeres, og sammenlignet med elektron-nøytrinoer mangler altså en del nøytrinoer av myon-type. En forklaringsmodell der disse oscillerer over i nøytrinoer av tau-typen er nærliggende, slik finske Jukka Maalampi forklarte.

Ellers er det ingen spor etter Higgs-partikkelen. Kenneth Østerberg (CERN + Helsinki) gav en oversikt over de seneste søk etter denne og andre partikler ved LEP-II. Nedre grense for Higgs-massen ligger nå på omtrent 105 GeV/c^2 (over 110 protonmasser). Det er også interessant at presisjonsmålinger av alle Standardmodellens parametre, leder til forutsigelser av Higgs-massen innen denne modellen. Ifølge disse målinger kan ikke Higgs-partikkelen være altfor tung. Imidlertid er det nå lite trolig at den vil bli funnet ved LEP, som i løpet av sitt siste år for datainnsamling (i år) neppe får nok data til signifikant påvisning av partikkelens eksistens, uansett hvor nær massen måtte være den nåværende grense. En må nok vente til oppstart av LHC før en vinner ny innsikt.

I løpet av 1999 har eksperimentene som tar sikte på å observere såkalte CP-brudd i systemer av nøytrale B-mesoner (BaBar, Belle og Hera-B) begynt å bli operative. Gerald Eigen fra Bergen, gav en innføring i fysikken bak slike fenomener, og av de siste resultater. De dedikerte eksperimentene har ennå ikke fått nok data til å observere CP-brudd. Imidlertid finnes det nå resultater fra Fermilabs CDF og fra ALEPH-eksperimentet ved LEP, som påviser CP-brudd i B-mesonsystemet, dog med for liten signifikans til å kunne utfordre Standardmodellens prediksjoner. CP-brudd i K-systemet ble allerede observert i 1964. Imidlertid har mekanismene til en slik effekt kunnet ha mange forskjellige forklaringer. Målinger fra Fermilab påviser imidlertid nå eksistensen av såkalt direkte CP-brudd, med sterkt forbedret presisjon. Her har en inntil nylig hatt motstridende og upresise eksperimentelle resultater. Men nå ser det altså igjen ut som at Standardmodellen beskriver fenomenene på en tilfredsstillende måte, og visse alternativer kan utelukkes.

Interessen for tungionekollisjoner og kvark–gluonplasma, er også stor innen partikkelfysikkmiljøet. De seneste resultater fra CERNs SPS, der en har studert kollisjoner mellom blykjerner, ble

gjennomgått av Tom Humanic, Ohio, USA. Selv om det finnes flere observasjoner nå som passer godt med at kvark–gluonplasma er observert, så regner en ikke indikasjonene som sikre nok til en endelig bekreftelse. Igjen regner en med at resultater fra LHC vil kunne gi en avklaring.

Elektron–protonkollisjoner ved DESYs HERA, 'prober' kvarkenes struktur med stor oppløsningsevne. De nye eksperimentelle resultatene ble gjennomgått av Roman Walczak fra Oxford. Disse gir ingen indikasjoner på ukjente fenomener, som leptokvarker m.v. For å forstå dataene kreves imidlertid stor innsikt i teorien for de sterke vekselvirkninger, QCD. Cambridges Bryan Webber gav oss en innføring i hvor problematisk dette er, spesielt dersom en vil forstå data ved lave energier.

HERA og DESY var ledet av den norske Bjørn Wiik inntil hans plutselige bortfall. De finske arrangørene markerte hans bortfall med å åpne konferansen med ett minutts stillhet. Konferansens siste taler, Per Osland, åpnet overraskende sitt innlegg med en kort biografi om Bjørn Wiik, og omtale av hans siste besøk i Bergen kort tid før hans død. Da Bjørn var en hyppig gjest ved disse konferansene, ble dette et beveget øyeblikk for oss alle.

For øvrig rapportertes det at fjellet rundt hotellet denne gangen viste seg fra sin aller beste side, og de fleste av oss fikk inn flere hyggelige skiturer i lunsjpausene. Dette er en del av Spåtindkonferansens særtrekk; og selv om noen opphøyer sin røst for å finne et alternativt sted for konferanseserien, med begrunnelse i at adkomsten bør forenkles, så er det nok tvilsomt om neste gangs arrangører (som blir norske) vil legge konferansen til et annet sted!

Bjarne Stugu
Fysisk institutt, UiB

∞

"Niels Bohr – bro mellom to kulturer" Oslo 22–23. oktober 1999

Symposiet ble arrangert av K. Gjøtterud, G. Løvhøiden, R. Fjelland, J.M. Hansteen og Elin Strøm, med støtte fra Det matematisk-naturvitenskapelige og Det historisk-filosofiske fakultet ved UiO, NFR og Niels Bohr Legatet i København.

Første delen av Symposiet besto av faglige foredrag med etterfølgende diskusjoner om grunnleggende problemer i kvantefysikken.

Johannes Mathias Hansteen hadde som hovedtema "Kvantisk ikke-lokalitet drøftet i lyset av de nyeste eksperimenter".

Komplementaritetsbegrepet ble drøftet i foredraget til Lars Morten Johansen og Kristoffer Gjøtterud, som bygget på analyse av et nyere arbeid av Dürr og medarbeidere.[1] Interessant var også Gjøtteruds påfølgende foredrag om den alternative betraktningsmåte av kvantemekanikken som er foreslått av Aage Bohr og Ole Ulfbeck.[2] Det dreier seg her mer om en alternativ måte å tale om kvantemekanikken på ut fra rom–tids symmetrien, enn om en egentlig reformulering.

Alle tre foredragene ble etterfulgt av engasjerte debatter, og kanskje mest engasjert var debatten etter det andre foredraget hvor foredragsholderne refererte det nevnte arbeid som hevder at 'entanglement' kan ses som basis for komplementaritet.

Ettermiddagssesjonen omfattet foredrag beregnet på et bredere publikum, med fokus på vitenskapsteoretiske og historiske emner. Erik Alfsen og Gunnar Løvhøiden redegjorde for Niels Bohrs bidrag til den vitenskapsetiske diskusjon i forbindelse med atombomben og hans åpne brev til FN. Disse problemene ble nøyere belyst av Finn Aaserud, som bl.a. beskrev Bohrs delvis mislykkede forsøk på å nå statsledere med sin analyse av kjernevåpnenes fremtidige konsekvenser.

Ragnar Fjelland og Jens Bang behandlet de filosofiske sider av Niels Bohrs virksomhet. Komplementaritetsideen innebærer at vi kan ha forskjellige perspektiver på "virkeligheten", og noen av disse perspektivene utelukker hverandre. Det er derfor umulig å redusere beskrivelsen av virkeligheten til *ett* grunnleggende perspektiv. Den mer filosofiske Niels Bohr hevder at både kunst og vitenskap gir gyldige og sanne beskrivelser av "virkeligheten", selv om de er gjensidig utelukkende.

Lørdagens møte i Universitetets Gamle Festsal var beregnet på et bredt publikum. Man ville gi et bilde av fysikeren Niels Bohr som en av de svært få forskere som dyrket det hele menneske. Skuespilleren Anders Mordal opptrådte som den aldrende Niels Bohr som legger pipen fra seg og begynner å lese Goethe. Med stor begeistring kommenterte han dikterens hovedverk Faust og fremførte en rekke andre fremragende Goethe-tekster. Anders Mordals opptreden vakte almen begeistring og ettertanke hos tilhørerne. Dette innslaget var forberedt av Elin Strøm, inspir-

ert av Jørgen Kalckars bok "Det inkommensurable. Vekselsange med Niels Bohr", utgitt i København i 1985.

Ove Nathan kunne ikke delta, men hans foredrag om "Niels Bohr og verden" ble fremført av Finn Aaserud, og ga oversikt over Bohrs intense politiske engasjement.

Niels Bohr var også en trofast venn av Norge. Dette ble utdypet i et foredrag av Johannes Mathias Hansteen som påpekte at Bohr hadde mange kontakter blant norske naturvitenskapsmenn, kunstnere og kulturpersonligheter. Spesielt likte Bohr å gå på ski i norske fjell, og man kan argumentere med at hans skiløping har hatt direkte betydning for kvantefysikken: Komplementaritetsbegrepet ble i stor grad til under et fire ukers opphold i Gudbrandsdalen vinteren 1926–27.

Asbjørn Aarnes drøftet de almenmennesklige problemer i et bredt humanistisk perspektiv i sitt foredrag "Å se fremover – og til siden". Tittelen henviser til tanken om at vi ikke burde bare se fremover, men også til siden, til vår neste – til våre medmennesker.

Torgeir Holtsmarks foredrag "Pythagoras og kulturens enhet", var også et stimulerende bidrag til diskusjon om 'bro mellom to kulturer'.

Symposiet ble avsluttet i en tone av håp for fremtiden. Bohr har engang sagt: "Det er det menneskelige det kommer an på." Ved avslutning av Symposiet ble følgende tanker understreket av møtelederen K. Gjøtterud: "Det er en skremmende tendens i vår tid at verden faller fra hverandre i spesialområder. I denne sammenheng representerer Niels Bohr således et ideal og en bro mellom to kulturer. Han har satt oss et eksempel som vi aldri må glemme."

Som deltaker satt man igjen med mange nye impulser og gjennoppfrisking av de mange verdifulle historier om og omkring Nils Bohr, både som fysiker og allsidig dannet menneske med interesser for alt fra fotball til Goethes Faust. Dessverre tiltrakk symposiet seg ikke fullt så mange unge mennesker som man kanskje kunne ha ønsket og håpet.

Referanser

1. S. Dürr, T. Nonn and G. Rempe: *Origin of quantum-mechanical complementarity probed by a 'which-way' experiment in an atom interferometer.* Nature **395**, 3. September, 1998
2. Aa. Bohr and O. Ulfbeck: *Primary manifestation of symmetry. Origin of quantal indeterminacy.* Rev. Modern Physics **67**, No. 1, 1994

Ladislav Kocbach
Fysisk institutt, UiB

∞

Bokomtaler

Per F. Dahl: Heavy Water and the Wartime Race for Nuclear Energy. Institute of Physics Publishing – Bristol and Philadelphia, 1999 (399 sider) £35.

En ny bok om gammelt stoff

Tungtvannsfilmen og andre beretninger om kampen om tungtvannet fra Rjukan, kjenner alle nordmenn. De fleste fysikere har lest om Manhattanprosjektet. Vi har lest om Fermi, Bohr og Joliot, og om tyskerne Hahns og Strassmanns oppdagelse av fisjon. Men stoffet i denne boken er oppdatert og presentert i en historisk sammenheng som så vidt jeg vet ikke er gjort tidligere. Ledd for ledd følger Per Dahl utviklingen fra Rutherfords og Chadwicks første ideer i 1919 om at det fantes nøytrale partikler i atomkjernene. Konkurransen om å være først, som hadde pågått mellom engelskmenn og franskmenn helt fra Becquerel oppdaget radioaktivitet og Rutherford α-partikler, ble tydelig igjen da Chadwick oppdaget nøytronet i 1931 etter at både Bothe i Tyskland og ekteparet Joliot-Curie i Frankrike hadde iakttatt nøytronstrålingen uten å kunne gi den noen plausibel forklaring. Omtrent samtidig ble deuterium oppdaget. I 1933 kom Odd Hassels forslag om å produsere tungtvann på Rjukan, med det resultat at Norsk Hydro ble den eneste produsenten av tungtvann i større kvanta til langt ut i 2. verdenskrig.

I denne boken beskriver Per Dahl foruten de fysiske og kjemiske prosessene, også de personene som var involvert i utviklingen. Korte biografier gir innblikk både i personenes opphav, deres bidrag og

deres politiske holdninger. Han tar med Kr. Birkelands betydning for oppstartingen av Norsk Hydro og gjør rede for hvorledes tungtvannet kom som et biprodukt i produksjonsprosessen, men han nevner ikke at tungtvannet ikke skrev seg fra Birkeland–Eydes metode, men fra den tyske Haber–Bosch-metoden som var tatt i bruk i slutten av 20-årene. Birkeland har, synes jeg, fått en uberettiget bred omtale. Kanskje har det sammenheng med at forfatteren med sin norske opprinnelse ønsker å presentere en stor norsk fysiker.

England, Frankrike, Tyskland og USA var nesten på like fot da kampen om å utnytte fisjonsenergien tok til. At oppdagelsen av fisjon i 1939 ble gjort i Tyskland, var nærmest et slumpetreff. I første omgang var forskningen om anvendelse av fisjosenergi rettet mot fredelige formål, men anvendelse som våpen truet. F. Joliots påviste raskt at tungtvannet kunne brukes for å opprettholde en kjedereaksjon i uran. På hans initiativ sikret franskmennene vinteren 1940 seg Hydros beholdning av tungtvann. Denne beholdningens videre skjebne til mesteparten endte opp i Canadas første tungtvannsreaktor, som var ferdig høsten 1945, er en av de spennende beretningene som er beskrevet.

Dahl forteller om hvorledes Hydros ledelse ble orientert om tungtvannets betydning, og om hvorledes ansatte ved Hydro og andre nordmenn, ble engasjerte i etterretningstjeneste for å følge utviklingen. Leif Tronstads innsats har fått en fremskutt plass. Det innblikk Dahl har i den norske motstandsbevegelsen og kjennskapet til alle de nordmenn som på forskjellige måter var involvert, er imponerende. Han nevner at den motstanden mot kjernenergi som etter krigen har vært tydelig i deler av NTH-miljøet, kan ha sin rot i at noen av fysikerne der under krigen fikk som spesialoppdrag å følge med i utviklingen av anvendelsen til kjerneenergi og kjernevåpen i Tyskland, og dermed også fikk forståelsen av den nære forbindelse det var mellom utnyttelse i våpen og fredelig anvendelse av kjerneenergi. Harald Wergeland, den gang i Oslo, var fra studietiden godt kjent med Tronstad. Han ble bedt om å komme til London for å delta i atomenergiprosjektet, men avslo fordi han ikke ville bidra til utvikling av våpen. Isteden valgte han å være hjemme og ved hjelp av kontakter med tyske forskere holde engelskmennene orientert om utviklingen i Tyskland.

Vi kan lese om tyskernes forsøk på å skaffe seg kontroll over tungtvannsproduksjonen, om hvorledes det vannet som kom til Tyskland ble tatt vare på og utnyttet, om forskjellige tyskeres mer eller mindre helhjertede innsats, om meningsforskjeller og rivalisering mellom forskjellige grupper, og om hvorledes mange mot slutten av krigen, tross bombing og flytting, fortsatte til spillet var slutt. Her finnes til dels nytt og til dels lite omtalt stoff. At W. Heisenberg hadde en fremskutt plass i arbeidet, er vel kjent. Spørsmålet om hvor helhjertet han gikk inn for det, har heller ikke Dahl funnet noe entydig svar på. Men den beskrivelsen han gir av hvor langsomt prosjektet i Tyskland gikk fremover, hvilke problemer de hadde med anskaffelse av den mengde tungtvann som de trengte, og Heisenbergs tydelige overraskelse da han fikk høre om Hirshima-bomben, gjør det vanskelig å tro annet enn at Heisenberg selv visste at hans prosjekt ikke ville ha ført fram. Han kunne derfor tilsynelatende lojalt mot nazistene gå inn for sitt prosjekt uten å bidra til å skaffe dem et nytt masseødeleggelsesvåpen.

Dahl har med en oversikt over hvor de forskjellige landene stod ved krigens slutt, om Sovjetsamveldets spionasje og egen innsats, om Japans spede forsøk, og om bygging av tungtvannsreaktorer etter krigen. I et eget kapittel forteller han om skjebnen til hovedpersonene i boken etter krigen.

Interessant er det å lese om produksjonen av tungtvann i Norge. Førkrigsproduksjonen gikk stort sett til forskning innen biologi og kjemi. Prisen var høy, ca. 10 kr/g, men en god del ble levert vederlagsfritt til spesielle forskningsprosjekter. Produksjonen var i 1939 kommet opp i 80 kg/år. Under krigen var den periodevis oppe i 100 kg/mnd. Heisenberg hadde korrekt beregnet at det trengtes minst 5 tonn for å få igang en tungtvannsreaktor, det første skritt i bombeproduksjonen. Tyskernes press på Norsk Hydro er derfor forståelig. Etter krigen økte produksjonen til 10 tonn i året, men avtok så gradvis. I 1971 opphørte produksjonen ved det gamle anlegget på Vemork. I 1988 opphørte all produksjon av tungtvann i Norge, og Norsk Hydro gikk over til bare å forhandle produktet.

Dahl har gått til oppgaven med historisk grundighet. Mye av stoffet er hentet fra Norsk Hydros og hjemmefrontens arkiver. Her er sitert fra tyske dokumenter som etter hvert er blitt tilgjengelige, fra nye og eldre dagbøker, og fra biografier og selvbiografier av forskere som har vært involvert. Omtrent 800 noter er stort sett kildeangivelser. En del av kildematerialet er først blitt tilgjengelig i 90-årene. Personalgalleriet er enormt. Uten personregisteret, som inneholder over 1000 navn, ville bo-

ken ha vært vanskelig å lese. Selv med registre og noter krever det en del arbeid å få tak i alt. På den andre siden: Boken er velskrevet. Den er spennende, og leseren står fritt til å velge hvor dypt in i stoffet han vil trenge og hvilke emner han vil fordype seg i. Registrene gjør det mulig å følge et enkelt tema eller en enkel person. Boken kunne ikke vært skrevet slik hvis forfatteren ikke hadde hatt god kjennskap både til kjernefysikk og til norske forhold.

Forfatteren Per Fredrik Dahl er sønn av ingeniøren og oppfinneren Odd Dahl, kjent bl.a. som konstruktør av tungtvannsreaktoren på Kjeller, den første tungtvannsreaktoren utenfor Canada. Per Dahl er født i Washington D.C. i 1933, og kom til Norge da faren i 1936 ble ansatt ved Chr. Michelsens Institutt. Etter avsluttet skolegang reiste han tilbake til USA. Han gjennomførte sine universitetsstudier ved University of Wisconsin i Madison med en Ph.D. i nøytronfysikk. Senere har han stort sett arbeidet med utvikling av superledende magneter for akseleratorer ved Lawrence Berkeley National Laboratory, California. Han har tidligere skrevet en bok om dansken L. Colding og forholdet mellom energi og varme, en om superledningens historie og utvikling, og en om katoderørets historie.

Trygve Holtebekk

∞

Stuart Clark: Towards the Edge of the Universe, A review of Modern Cosmology. John Wiley and Sons. Praxis Publishing Ltd. 1997, ISBN 0-471-96249-X, (210 sider), $ 47.

Sterk i troen – svak i teorien

Kosmologi er vitenskapen om universet som helhet, hvor det kom fra, hva det inneholder og hvordan det utvikler seg over tid. Alle kjente kulturer har hatt sitt forhold til kosmologien. Den var først dominert av farlige, religiøse fanatikere, deretter av dypsindige, spekulerende filosofer og utvikles nå av idérike, nøkterne naturvitenskapsfolk.

Kosmologien er altså blitt en del av fysikken. Fysikerne prøver å finne det regelverket som styrer naturen. Men bare ved å undersøke naturen kan en kjenne den. Derfor utfører fysikerne eksperimenter, og astronomene observerer.

Stuart Clark er visstnok observasjonsastronom, og han har nå skrevet ei oversiktsbok over moderne kosmologi. Boka er ryddig og representerer uten tvil et stykke hardt og ærlig arbeid. Men det er nå en gang slik at teori uten støtte i eksperiment representerer ufruktbar spekulasjon, og eksperiment uten tanke på teori er meningsløs innsamling av data. Clark behersker ikke teorien, og observasjonene er skildret uten faglig begeistring.

Clark gir først en innføring i hva som finnes i kosmos fra solsystemet til det fjerne univers med kvasarer. Deretter følger et kapittel om astronomenes redskaper og om budbringerne fra kosmos, nemlig den elektromagnetiske stråling. De viktigste observasjonsresultatene blir så skildret, og selve ursmellet blir beskrevet. Vi får kunnskap om avstandsmåling i universet og om forskjellige galaksetyper og deres dannelse. Boka avsluttes med et par kapitler om nye observasjonsresultater og kontroversielle spørsmål slik som eksistensen av eksotisk mørk materie og universets endelikt.

Det er ganske irriterende å observere at Clark ikke greier å skille universets tidsutvikling fra den romlige geometri til universet. I kapittel 9 påstår han at åpne universmodeller vil ekspandere for alltid, mens lukkede universmodeller en gang vil gjennomgå katastrofal kollaps. Denne skråsikkerheten er ikke tilgivelig, siden han i samme kapittel har et avsnitt om den kosmologiske konstant. Denne konstanten kan nemlig gi lukkede universer med evig ekspansjon og åpne universer som kollapserer.

Mye verre er det at Clark i avsnitt 9.8 i fullt alvor påstår at det tomme Milne-universet er fylt av stråling. Det er ikke tilgivelig at en fysiker tror at stråling ikke har energi. Det er også ganske forstemmende å få vite at spesiell relativitetsteori ikke kan behandle akselerert bevegelse. I så fall var ikke den teorien mye verdt. Men spesiell relativitetsteori kan ikke forenes med Newtons gravitasjonsteori. Derfor utviklet Einstein sin generelle relativitetsteori der noe av fundamentet er ekvivalensen mellom akselerert bevegelse og gravitasjonsfelt.

Clark gjentar den gamle påstanden om at universets ekspansjon har betydning for den mørke natthimmelen. Påstanden er rett og slett feilaktig, siden det nå er ettertrykkelig fastslått at nattemørket skyldes en kombinasjon av universets endelige alder og det lave energiinnholdet til stjernene. Ekspansjonen har knapt noen betydning.

Den historiske kunnskapen til Clark er heller ikke alltid på høyden. Niels Bohr benyttet ikke ideer fra Schrødinger da han utviklet sin modell for hydrogenatomet. Gamow utviklet ikke sin teori for elementdannelse i 1930-årene, men et tiår senere.

Den selvsamme Gamow var også involvert i regningene som forutsa kosmisk svart stråling med lav temperatur. Han overlot ikke dette bare til sine studenter Alpher og Herman før fenomenet ble oppdaget.

Faktakunnskapen svikter også. Levetiden til et fritt nøytron er 10,26 minutter, ikke 14,8 minutter slik Clark forteller. Flere plasser fastslår Clark at energitettheten til materien dominerer over energitettheten til strålingen i universet allerede når universet er 100 sekunder gammelt. Jeg skulle gjerne vite hvor han har den tidsangivelsen fra. Forholdsvis enkel regning gir nemlig omtrent 10 000 år. Energilikningen (4.2) for adiabatiske prosesser har feil fortegn, og alle væsker uten viskositet følger ikke uten videre tilstandslikningen for en fotongass (likning 4.3). Benevningen i siste likning er heller ikke i orden. Jeg velger velvillig å tolke feilen i linjeelementet på side 189 som en trykkfeil, for det er nå forskjell på tid og rom, selv i relativitetsteori.

Det er mer trivelig å lese boka til Clark der han skildrer galakseobservasjon. Diskusjonen her er kvalitativ, populær og spennende. Det er et vell av interessante detaljer fra observasjonsmaterialet. Kvasarer er for eksempel de fjerneste objekter vi kjenner i universet. Men lyset fra dem viser at der finnes tunge elementer. Det tyder på at en tidlig generasjon av tunge stjerner har eksplodert som supernovaer.

Boka inneholder noen bilder av disse galaksearitetene, men jeg tror boka ville blitt mye forbedret med en sterk utvidelse av bildematerialet og da med mange flere fargebilder. Skissen av Sunyaev-Zel'dovich-prosessen for spredning av fotoner fra kosmisk bakgrunnsstråling ved intergalaktiske elektroner, er forresten en meget god illustrasjon.

Jeg er altså ikke begeistret for denne boka. Den taper i konkurransen med mange tidligere bøker om dette emnet, for eksempel boka til E.R. Harrison. Den skulle jeg gjerne se oppdatert. Engelske folk sier: "The proof of the pudding is the eating." Ikke alle som vil skrive, kan fortelle. Forfattere er det mange av. Og jo flere kokker, dess mer søl.

Henning Knutsen

∞

Nye Doktorer

Anders W. Borgland

Sivilingeniør Anders Westreng Borgland har tatt dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen, etter å ha disputert 4. juni 1999 med avhandlingen *Search for B_s^0 - $\overline{B_s^0}$ Oscillations with the DELPHI Detector.*

Et B_s^0-meson består av en relativt lett kvark (s) og en tyngre antikvark ($\bar{b}$), mens $\overline{B_s^0}$-mesonet har den motsatte kombinasjonen. De to objektene vil kunne gå over i hverandre, eller oscillere, dersom de har litt forskjellig masse. Fenomenet oscillasjon har lenge vært kjent bl.a. for nøytrale K-mesoner, og er knyttet til det fundamentale spørsmålet om CP-brudd i naturen. Problemet med B_s^0-mesonene er at oscillasjonene må være raske, og derfor er svært vanskelige å påvise.

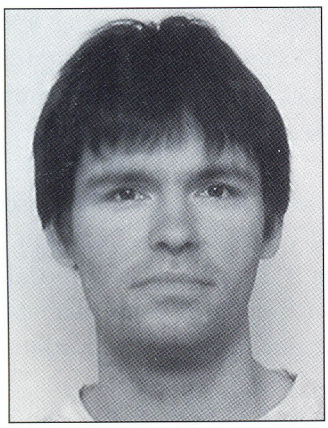
Borgland har benyttet data fra fire millioner hadroniske Z^0-henfall, registrert i DELPHI-detektoren ved CERNs LEP-akselerator mellom 1991 og 1995. Data ble utvalgt for å rekonstruere B_s^0-mesonenes semileptonske henfall til et D_s-meson og et lepton. Levetiden for B_s^0-mesonet ble målt, og en øvre grense for forskjellen i levetid mellom B_s^0 og anti $\overline{B_s^0}$-mesonet kunne dermed bestemmes. Denne forskjellen ble angitt som begrensninger i masseforskjellen til de to objektene.

Doktorarbeidet ble utført ved Fysisk institutt, UiB, med professor Gerald Eigen som veileder, og med finansiering fra Norges forskningsråd og UiB.

Anders W. Borgland innehar nå en stilling som Visiting Post Doc ved Lawrence Berkeley National Laboratory i California, hvor han arbeider med å utvikle et triggersystem for BaBar-detektoren, som skal gjøre presisjonsmålinger av CP-brudd i systemer av nøytrale B-mesoner.

∞

Ole Morten Olsen



Sivilingeniør Ole Morten Olsen har disputert for dr.scient.-graden ved Universitetet i Tromsø, med avhandlingen *Studies of the Plasma State in a Magnetized Torus.*

Avhandlingen gir en oversikt over likevektstilstander og fluktuasjoner/turbulens av plasmaet i en toroidal plasmamaskin. Det er vist at fluktuasjonene har sammenheng med koherente strukturer i plasmatettheten med lang levetid, og at disse strukturene beveger seg på tvers av magnetfeltlinjene. To forskjellige koherente strukturer er blitt observert. Når bare et toroidalt magnetfelt har vært brukt, er det blitt observert en roterende dipolstruktur. Hvis det har vært lagt til en vertikal magnetfeltkomponent, er det blitt identifisert en struktur som beveger seg vertikalt i midten av plasmaet. Disse strukturene ligger som orgelpiper langs magnetfeltlinjene. Det er vist at fluktuasjonsnivået og eksistensen av koherente strukturer avhenger av ionemassen til gassen. Tunge ioner gir lavere fluktuasjonsnivå og ingen koherente strukturer. Det er også diskutert hva som forårsaker disse strukturene.

Eksperimentene har vært utført i "Blåmann", som er en toriodal plasmamaskin på Institutt for fysikk ved Universitetet i Tromsø.

Arbeidet bidrar til den generelle forståelsen av magnetisk innesperring av plasma, som kan være nyttig kunnskap i fornindelse med bl.a. fusjonseksperimenter, studier av plasma i verdensrommet og produksjon av mikroprosessorer.

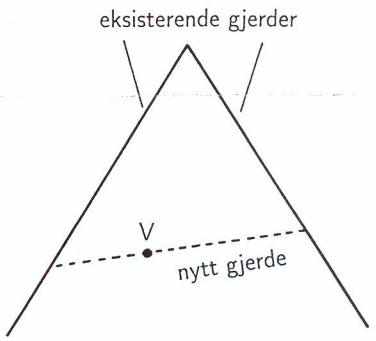
Ole Morten Olsen er utdannet sivilingeniør fra avdeling for fysikk og matematikk ved NTH. Doktorgradsarbeidet er utført med finansiering fra Institutt for fysikk ved Universitetet i Tromsø. Olsen er nå ansatt ved Kongsberg Spacetec AS i Tromsø.

∞

Trim i FFV

FFVT 1/00

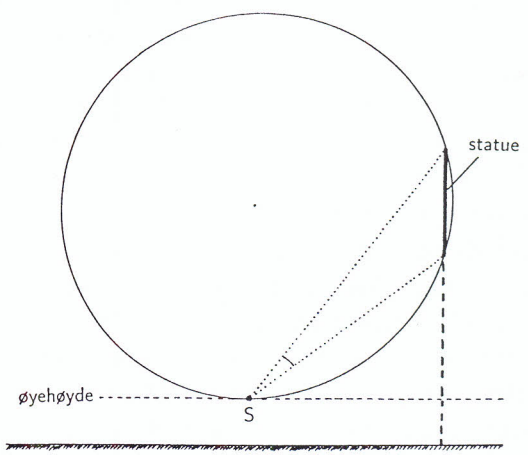
a) Etter en bitter nabostrid om beiterett pålegger retten bonden Kark å sette opp et rettlinjet gjerde gjennom vanningstedet V slik at naboen Tormod skal kunne bruke det indre trekantede arealet for beiting. Som det går fram av figuren, er de eksisterende gjerder også rettlinjede. Hvorledes må Kark sette opp gjerdet for at Tormod skal få benytte *minst mulig* av jorda?



b) Tre personer spiller tre omganger av et spill, og vinner hver sin omgang. De starter med hvert sitt beløp. I hver omgang er det én taper og to vinnere, og spillereglene tilsier at taperen må fordoble hver vinners pengebeholdning. Etter tredje omgang har alle spillerne 8 kr hver. Hva var de tre startbeløpene?

Løsning FFVT 4/99

Spørsmålet dreide seg om å bestemme den beste avstand for å se på en statue på toppen av en søyle. Med den beste avstand menes at synsvinkelen som statuen dekker er størst, med en gitt øyehøyde over bakken.



Det er lett å konstruere en sirkel som går gjennom statuens topp og bunn, slik at sirkelens laveste punkt S ligger i øyehøyde, ved å bruke at sirkelradien er lik høydeforskjellen mellom statuens midtpunkt og øyehøyde. I punktet S, og i andre punkter i samme avstand fra støtten, har en den maksimale synsvinkel.

Dette følger av den geometriske egenskap at en korde (statuen) ses under samme vinkel fra ethvert punkt på sirkelen. Fra punkter utenfor sirkelen er synsvinkelen mindre. Og da alle punkter i øyehøyde, bortsett fra S, ligger utenfor sirkelen, er synsvinkelen fra S størst.

∞

Nytt fra NFS

FYSIKARMØTET 2000

http://www.phys.uit.no/2000

Fysikarmøtet blir i år halde i Tromsø 16. og 17. juni. Me har valt å leggja møtet til det nye Polarmiljøsenteret som er eit nasjonalt senter for miljø- og polarforsking. Det ligg i sentrum av byen, i gangavstand frå hotell, restaurantar og kafear, og har topp fasilitetar. Me ønskjer såleis å kombinera faglег konsentrasjon med byens atmosfære og sosiale liv.

Tre foredragshaldarar er invitert. Dei vil gi oss innsyn i forsking på sola, bruk av støvplasma i teknologisk samanheng, og integrert optikk for telekommunikasjon. Me håpar at desse svært ulike tema vil tiltrekkja seg folk med ulike interesser og på tvers av spesialiseringar. Det blir som vanleg parallellsesjonar med påmelde foredrag. Me håpar at så mange som mogleg melder seg med foredrag innan alle greiner av fysikken, enten det er med utgangspunkt i forsking, undervisning eller industri. Norges forskningsråd held på med ei evaluering av norsk forsking i fysikk. I tillegg blir dei fysiske institutta utfordra av Norgesnettgruppa til å fordela oppgåver seg i mellom. Dette blir bakgrunnen for ein debatt om evalueringa av, og utfordringane for, norsk fysikk. Me vil framheva at dette blir ein einestående sjanse til å diskutera NFR-evalueringa.

Det faglege programmet er avgrensa til to dagar. Heile programmet blir avvikla på Polarmiljøsenteret, inkludert lunsj- og kaffipausar. Fredag kveld blir det eit sosialt arrangement i eller nær sentrum, og veret avgjer om det blir inne eller ute. Festmiddagen blir halden laurdag kveld, i lavvo i Ramfjordbotn. Det bør bli eit høgdepunkt. Veret kan me sjølvsagt ikkje garantera, men det er midnattsol, og snøen har ikkje lege til 14. juni sidan 1981.

Alle tilreisande må vera over til søndagen, som kan brukast til ekskursjon til Andøya, fisketur eller til å nyta livet i Tromsø på eiga hand. Me har reservert rom på fire hotell med ulike prisar og standard. Reservasjon av hotell må gjerast til oss, og helst snarast.

Studentar kan søkja NFS om reisestipend. Me vil også nemna at to studentforedrag vil bli påskjønna med tur til "International Conference for Physics Students", Zadar i Kroatia, 4–11. august.

Program for Fysikarmøtet

Fredag 16.6

11.00–12.30	Registrering og kaffi
12.30–12.45	Opning
12.45–13.30	*SOHO Reveals the Secrets of the Sun* (Olav Kjeldseth-Moe, UiO)
13.30–14.30	Lunsj
14.30–16.30	Parallellsesjonar
16.30–16.45	Kaffi
16.45–17.30	*Dust in plasmas: dirt or diamond?* (G.M.W. Kroesen, Eindhoven University of Technology)
17.30–18.00	*Presentasjon av fysikk i Tromsø* (Alfred Hansen)
19.00–00.00	Sosialt program

Laurdag 17.6

09.00–10.30	Årsmøte NFS
10.30–10.45	Kaffi
10.45–12.30	Parallellsesjonar
12.30–13.30	Lunsj
13.30–15.00	Debatt: *Evaluering og utfordringar. NFR-evalueringa av norsk forsking i fysikk.* (Panel med deltakarar frå NFR og fysikkmiljøet)
15.00–15.15	Kaffi
15.15–16.00	*Integrated optics – and its use in optical telecommunication.* (Mogens Rysholt Poulsen, COM, Danmarks Tekniske Universitet)
16.00–16.30	Utdeling av Norsk Hydros Birkeland-pris i fysikk.
18.00	Avreise: Festmiddag i Ramfjordbotn

Søndag 18.6: Utflukter

Tur Andøya (buss+ferje)	Presentasjon og omvisning på Andøya Rakettskytefelt og Alomar. Gratis opphald og overnatting. Fly vidare måndag. Maks. 15 deltakarar.
Fisketur	Nærmere opplysingar seinare.

På vegner av arrangementskomiteen og Institutt for fysikk, vil eg ønskja alle velkomne til Fysikarmøtet og Tromsø!

Olav Gaute Hellesø

∞

ÅRSMØTET 2000

Norsk Fysisk Selskap har årsmøte i Tromsø lørdag 17. juni kl 0900. Saker som ønskes tatt opp må være innsendt til styret senest 3 uker før møtet.

Foreløpig saksliste:

1. Godkjenning av innkalling og saksliste
2. Årsmelding
3. Regnskap og budsjett for NFS og FFV
4. Valg:
   a) President (for 2 år)
   b) Styremedlem (for 2 år)
   c) Varamedlem (for 2 år)
   d) Revisor med vararevisor for NFS (for 1 år)
   e) Revisor FFV (for 1 år)
   f) 3 medlemmer til valgkomité (for 1 år)
5. Faggruppeinndeling
6. Fysikermøtets form og Fysikermøtet 2001
7. Medlemskontingent
8. Eventuelt

Årsmelding og sakspapirer vil ikke bli sendt til medlemmene, men blir lagt ut på NFS' hjemmeside før møtet: *http://www.fys.uio.no/nfs*

Februar 2000
Styret

∞

Støtte til deltakelse på Fysikermøtet

Hovedfagsstudenter kan søke om støtte til deltakelse på møtet. Støtten vil være på kr 1700,– for reisende sør for Trondheim og kr 1500,– for reisende fra Trondheim. Fordi NFS har begrensede ressurser, vil studenter som skal holde foredrag ha et fortrinn ved tildeling av støtte. For studenter som ikke skal holde foredrag, og hvis det blir veldig mange studenter som vil holde foredrag, gjelder 'først til mølla'-prinsippet. Søknadsfristen er 12. mai, og svar vil bli gitt 19. mai.

Søknad sendes til styret i NFS ved Heidi Bruvoll, Fysisk institutt, Postboks 1048 Blindern, 0316 Oslo, e-post: *heidib@fys.uio.no*

Styret

∞

Priser til utdeling på Fysikermøtet

Norsk Hydros Birkelandpris i fysikk

Norsk Hydro ASA vil i år 2000 gi 25 000 kr til en fagpris som skal utdeles av Norsk Fysisk Selskap. Prisen gis for fremragende norsk forskning innen fagområdet fysikk. Det vil bli lagt hovedvekt på at arbeidet skal være av høy faglig kvalitet. Prisen bør normalt ikke deles på mer enn to personer.

Mer informasjon er tilgjengelig via Internett: *http://www.fys.uio.no/nfs/*

Begrunnede forslag på kvalifiserte kandidater til prisen kan sendes til Norsk Fysisk Selskaps sekretariat innen 31. mars 2000. Adresse: Norsk Fysisk Selskap, Postboks 1048 Blindern, 0316 Oslo.

∞

Nye medlemmer 14. januar 2000:

Tor Einar Aslesen
Åsengt. 4B, 0480 Oslo

Lars Ballangrud
Sørligt. 2A, 0577 Oslo

Lars Endresen
Teoretisk fysikk, NTNU, 7491 Trondheim

Jens Johan Fjærvoll
Villavn. 8, 8400 Sortland

Bjørn Godtland
Øvrebyen v.g. skole, 2213 Kongsvinger

Helge Larsen
Solhøgda 2, 4017 Stavanger

Eivind Pedersen
Ullern v.g. skole, Ullernch. 56, 0379 Oslo

Sunniva Siem
Fysisk institutt, Pb. 1048 Blindern, 0316 Oslo

Tor Slind
Brusvefaret 30, 2821 Gjøvik

Kjell Trengereid
Fysisk institutt, Allégt. 55, 5007 Bergen

∞

PÅMELDING

FYSIKERMØTET I TROMSØ

FREDAG 16. - LØRDAG 17. JUNI 2000

Navn: ..... Telefon: .....
Adresse: ..... Telefax: .....
..... E-post: .....
..... Signatur: .....

Jeg melder på ..... personer til festmiddag lørdag 17. juni (kr 450, studenter kr 300,-)
Jeg melder på ..... personer til ekskursjon til Andøya søndag 18. juni. Max 15 personer.
Reisen må betales av deltakerne, men opphold og overnatting er gratis.

Jeg ønsker å holde foredrag under parallellsesjonen med følgende tittel:
.....
og sender, innen 1. mai, et sammendrag av foredraget via e-mail til oss.

Jeg ønsker innkvartering for ..... voksne og ..... barn for nettene (sett kryss):
..... 15-16.06 ..... 16-17.06 ..... 17-18.06

..... Hotel With	..... Dobbeltrom kr 1020,-	..... Enkeltrom kr 875,-
..... Tromsø Hotell		..... Enkeltrom kr 680,-
..... Viking Hotell	..... Dobbeltrom kr 745,-	..... Enkeltrom kr 595,-
..... Kongsbakken Gjestehus	..... Dobbeltrom kr 550,-	..... Enkeltrom kr 420,-
	..... Dobbeltrom kr 630,-	..... Enkeltrom kr 520,-
	..... Trippelrom kr 675,-	..... Familierom fra kr 1040,-

Prisene er pr. rom pr. natt inklusiv frokost, og betales direkte til hotellet.

Møtet holdes i Polarmiljøsenteret, Hjalmar Johansens gt. 14, Tromsø.

Påmelding innen 1. mai (eller snarest mulig hvis innkvartering er nødvendig) til:
"Fysikermøtet 2000", Institutt for fysikk, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø.
Påmelding kan også gjøres via internett: http://www.phys.uit.no/2000.

Konferanseavgift: kr 1000,-. For lektorer i videregående skoler og studenter: kr 500,-.
Konferanseavgiften inkluderer kaffe/te og lunsj.

Deltakerne vil få tilsendt faktura når påmelding er registrert.

Spørsmål kan rettes til Olav Gaute Hellesø, tlf. 77645297; epost: ogh@phys.uit.no
Spørsmål ang. innkvartering rettes til Liv Larssen, tlf. 77645151; e-post: liv@phys.uit.no

Dette skjemaet, i utfylt stand, kan faxes til "Fysikermøtet 2000", fax 77 64 55 80.

Landskonferanse om fysikkundervisning
8. – 11. august 2000

Norsk Fysikklærerforening arrangerer hvert tredje år landskonferanse om fysikkundervisning. Årets konferanse finner sted på Sørlandet hotell og kurssenter ved Grimstad.

Konferansen er planlagt for fysikklærere i hele skoleverket, fra grunnskole til universitet.

På konferansen vil vi utveksle erfaringer og metoder innen undervisning og utdanning i fysikk, drøfte rekrutteringsproblemet, drøfte fagets innhold og form for å styrke undervisningen og fagets plass i utdanningssystemet. Vi vil drøfte fysikkfagets ulike aspekter og perspektiver, fysikk og IKT, fysikkens utfordringer i dag og ta opp spørsmål om vitenskap, tro og religion. Det vil bli inviterte og påmeldte foredrag, debatt og uformelle aktiviteter og læremiddelutstillinger.

Flere opplysinger med program finnes på Fysikklærerforeningens hjemmeside:
http://fysikk.hfk.vgs.no/landskon.htm.

Hotellopphold: Enkeltrom kr 690,- (full pensjon)
Dobbeltrom (per person) kr 495,- "
Barn: 0- 4 år gratis, 4-15 år kr 200,- per døgn full pensjon

Konferanseavgift (inklusive festmiddag): kr 900,-. betales til

Vest-Telemark Ressurssenter
Landskonferansen
3880 Dalen Bankkonto: 2685.07.06130

Påmeldingen er gyldig når konferanseavgiften er betalt. Hotelloppholdet betales på hotellet.
Det vil bli mulig å søke noe økonomisk støtte for lærere i skolen.

Påmeldingsskjema (frist 14. april 2000)

Etternavn: Fornavn:

Institusjon:

Postadresse:

Telefon: Fax:

Epost:

Påmeldt foredrag (tittel):
(sammendrag innen 20. juni)

Overnatting 8. – 9. aug. ❑ 9. –10. aug. ❑ 10. – 11. aug. ❑
Enkeltrom ❑
Dobbeltrom ❑
Tallet på barn 0 – 4 år ❑ 4 – 15 år ❑
Lunsj på fredag kr. 175 (bindende) ❑
Deler rom med (navn):

C-BLAD

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

Retningslinjer for forfattere

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

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

Visepresident:
Professor Kristian Fossheim
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.

Styremedlemmer:
Førsteaman. Olav Gaute Hellesø
Inst. for fysikk, Univ. Tromsø.
Førsteaman. Jan Petter Hansen
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Førsteaman. Anders Isnes
ILS, Univ. Oslo.

Selskapets sekretær:
Rådgiver Heidi Bruvoll
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 26, Fax.: 22 85 64 22
E-mail: heidi.bruvoll@fys.uio.no
Postgiro: 0802 5883889
Bankgiro: 5102.05.42806

Fra Fysikkens Verden

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

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

Redaksjonskomité:
Professor Noralv Bjørnå
Inst. for fysikk, Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. for teor. astrofysikk, Univ. Oslo.

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

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