Fra Fysikkens Verden

Nr. 2 – 2005
67. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

J. Rekstad, S. Siem, M. Guttormsen, F. Ingebretsen:
Syklotronlaboratoriet i Oslo 35
Øystein Elgarøy:
Det antropiske prinsipp 39
Øyvind Grøn:
Einsteins visjon 43
Fra Redaktørene 34
Fysikknytt 34
STORFORSK til Arne Brataas
Fysikk i skolen 46
Ny lærerplan i fysikk til «lufting»
Hva skjer 48
Fred Kavli gir priser til fysikk
Årets fysikkolympiade
Bokomtaler 50
Penrose: The road to Reality
Fjelland: Universet er ikke slik
Danielsson: Stjerner og epler
Kragh: Matter and Spirit
Buckley, Hopkins and Whitaker: Været. En visuell guide
Nye Doktorer 56
Dr.scient. Jørgen Akselvoll
Dr.ing. Torkel Bjarte-Larsson
Dr.scient. Marie Bueie Holstad
Dr.scient. Kai de Lange Kristiansen
Dr.scient. Jørgen Andre Lien
Dr.ing. Lise Lyngsnes Randeberg
Trim i FFV 59
Nytt fra NFS 59
Fysikermøtet 2005
Årsmøtet i NFS
Nye medlemmer

Deltakerne på treningskurset for årets fysikkolympiade
(Se artikkel)

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Vitenskapsfolk generelt, og fysikere spesielt, har et uharmonisk avhengighetsforhold til media. Men enten vi liker det eller ikke: På godt og vondt er det media som setter dagsorden og som preger alles hverdag. Det er media, dvs. aviser, radio og fjernsyn, som forteller oss hva som er viktig, hva som er bra, og spesielt hva som er farlig. Stort sett liker vi det ikke – sier vi – men slik er det.

FFV er også en del av en medieverden, men kan, med sin veldefinerte leserkrets, neppe karakteriseres som en toneangivende meningsbærer. Men også FFVs redaksjon søker etter stoff som kan engasjere leserne. Primært ønsker vi å informere og å opplyse. Det er først og fremst det faglige som skal engasjere.

I vår faglige bakgrunn skal det være en sunn og våken skepsis. Fremfor alt skal vi vite begrensningen av våre funn og teorier. Desverre er ikke det alltid tilfelle. Historien har utallige eksempler på at vitenskapsfolks fantasi har strukket erkjennelsens strikk altfor langt. Jakten på det spektakulære, og evnen og viljen til å se de mest fantastiske konsekvenser av vitenskapen, er vårt problem. Kanskje er dette problemet nært beslektet med journalistens søken etter det sensasjonelle – også når det gjelder omtale av forskning?

I gangen på Fysisk institutt i Oslo, henger en kopi av Aftenpostens førsteside fra 1. februar 1913. Hele siden inneholder et referat av professor Kristian Birkelands foredrag "Om verdnernes tilblivelse", holdt kvelden før i Videnskaps-Akademiet. Med utgangspunkt i sine utladningsforsøk og i datidens fokusering på elektromagnetisme, trekker den ubestridt begavede professor de mest fantastiske konklusjoner og vyer. I dag vet vi at disse var fullstendig feilaktige.

Det er også ganske forunderlig at dette sto på avisens førsteside. Den gang var aviser for de "kondisjonerte", og ærbødigheten for vitenskapen en helt annen enn i dag. Referenten må åpenbart ha vært godt vitenskapelig skolert. I dag er dette forhistorie. Men vi skal merke oss at det var professoren, og ikke referenten, som trakk de mest fantastiske konklusjonene. Kanskje vi også har samme tilbøylighet i dag – uten å se det?

∞

Fysikknytt

STORFORSK til Arne Brataas

Norges forskningsråd lanserte i fjor STORFORSK, en ny ordning for å finansiere store grunnforskningsprosjekter med høy risiko og vitenskaplig dristighet. STORFORSK skal styrke den frie grunnforskningen og sørge for at miljøene får mulighet til å realisere prosjekter som er spesielt viktige for den faglige utviklingen. Kravene var at forskningen skal ha høy kvalitet, nyskapende potensial og være vitenskapelig dristig. Forskerne må samarbeide internasjonalt, og forskningen bør virke rekrutterende.

STORFORSK ble utlyst for alle fag, og totalt kom det inn 263 søknader. Etter vurdering av utenlandske fageksperter ble 17 innvilget. Professor Arne Brataas ved Institutt for fysikk, NTNU, halte som prosjektleder i land 14,5 millioner til den eneste bevilgningen innen fagområdet fysikk. Aktive partnere er professor Asle Sudbø, NTNU, og professor Yuri Galperin, UiO. Pengene fra STORFORSK vil bl.a. gå til å ansette tre postdoktorforskere og tre doktorstudenter.

Vinnerprosjektet *Fundamentals of Condensed Matter* er innen kondenserte mediers teori. Utfordringen er å forstå materialenes egenskaper og hvordan de er bygget opp helt fra nanonivå. Det handler om å skape en forbedret forståelse av transport av ladning og spinn i hybride nanoskalamaterialer laget av ferromagneter, normale metaller, halvledere og superledere. Kunnskapen kan i neste omgang gi resultater for materialer i mobiltelefon, telekommunikasjon, sensorer og lagringsmedier.

Dette er tredje gang på kort tid at millionene har drysset over Arne Brataas. I fjor fikk han Forskningsrådets bevilgning for yngre fremragende forskere på sju millioner kroner. I tillegg ble han i fjor, sammen med Asle Sudbø, valgt ut til å lede en forskergruppe ved Senter for grunnforskning i 2006/2007.

Per Chr. Hemmer

∞

Syklotronlaboratoriet i Oslo, et senter for forskning og knoppskyting i 25 år

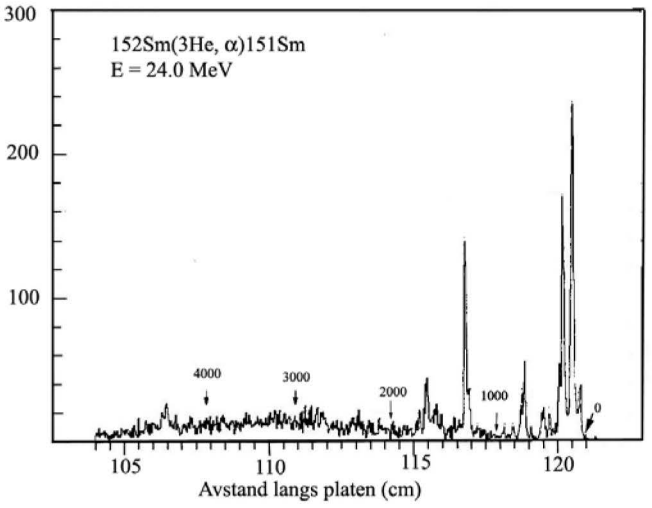
John Rekstad, Sunniva Siem, Magne Guttormsen, Finn Ingebretsen *

Syklotronlaboratoriet ble etablert i 1979, og prosessen fra forslag fram til den endelige realisering er beskrevet i FFV nr 4, 2004. I årene før sykoltronen kunne tas i bruk hadde all akseleratorbasert kjernestrukturforskning i Oslo-miljøet foregått ved utenlandske laboratorier. Med den nye lokale akseleratoren, med strålekvalitet fullt på høyden internasjonalt, kunne det utføres til dels avanserte eksperimenter lokalt. Dette ga helt nye og interessante muligheter til å planlegge og realisere et langsiktig eksperimentelt program.

Det vitenskapelige programmet

Ved den internasjonale åpningskonferansen i 1979 ble planer og visjoner for laboratoriet presentert. Kjerneforskerne i Oslo hadde høye ambisjoner, og det ble da også uttrykt tvil om de planlagte eksperimentene var teknisk gjennomførbare. Dette illustrerer imidlertid en av flere fordeler ved å ha et eget lokalt laboratorium. Der er det større muligheter til å forfølge eksperimentelle ideer selv om utfallet av dem er mindre sikkert.

For 25 år siden var tyngre kjerners struktur, med få unntak, lite kjent over eksitasjonsenergier rundt et par MeV. Situasjonen kan illustreres ved kjernereaksjonen som finner sted når energirike heliumkjerner (isotopen ^{3}He) treffer en tung nuklide, her ^{152}Sm. En mulig reaksjon er at en α-partikkel (^{4}He) sendes ut umiddelbart. Hver α-partikkel gir informasjonen om energien til en mulig energitilstand i sluttkjernen, som i dette eksemplet blir ^{151}Sm. α-partiklenes energifordeling, eller energispekter, er vist i figur 1. Et område av energispekteret har mange karakteristiske topper som viser at kjernen er et system der energien er kvantisert. I ^{151}Sm, som i alle tyngre kjerner, forsvinner denne strukturen når kjernen eksiteres over ca. 2 MeV.



Figur 1. Spektrum av α-partikler registrert på en fotografisk plate i en magnetisk spektrograf. Sluttilstandene er i ^{151}Sm. Spekteret viser intensitet som funksjon av posisjonen på platen. Tilsvarene eksitasjonsenergi i ^{151}Sm i keV, er antydet.

Prosjektet ved syklotronen var å studere det mer ukjente eksitasjonsområdet over 2 MeV. Måleutstyr og programvare til prosjektet ble gradvis anskaffet og utviklet. Både γ-stråling og partikler fra de eksiterte kjernene skulle registreres i egnede tellere, og signalene fra tellerne ble korrelert med hver enkelt kjernereaksjon.

I 1984 ble forskningsprogrammet ytterligere konsentrert for å se om det forekom mulige strukturelle endringer i kjernen som funksjon av sluttkjernens eksitasjonsenergi. De første forsøkene hadde antydet at kjernen muligens kunne forandres fra å være et system av supraledende kvasipartikler til et system bestående av en fermigass. Ved enda høyere energi var det forventet at det ordnede system av fermioner i kjernens orbitale skallstruktur på nytt kunne endre seg og etablere et kvantekaotisk regime der ikke-lineære vekselvirkninger dominerte.

Allerede de første arbeidene fra syklotronen vekket oppmerksomhet. Det ble klart at kjernens

*Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

overflate spilte en vesentlig større rolle i reaksjonene enn områder lenger inne i kjernen. Såvel nukleonenes "trang" til å pare seg (pairing), og sterke Coriolis-krefter som oppstår når nukleoner beveger seg på overflaten av en hurtig roterende kjernekule, bidrar til dette. Det ble også oppdaget at de høgt eksiterte kjernene fortrakk å kvitte seg med energi gjennom spesielle og uventede henfallsveier. Disse veiene ga seg til kjenne som karakteristiske topper i γ-spektrene, og var de første indikasjoner på at kvantefysiske egenskaper spilte en langt større rolle ved høyere eksitasjonsenergier i kjernen enn hva man inntil da hadde trodd. Konkurransen mellom kvantefysiske og statistiske " klassiske" mekanismer ble et kjennemerke for forskningen som har gitt syklotronlaboratoriet internasjonal oppmerksomhet og anerkjennelse.

Helt siden starten arbeidet gruppen med å utvikle og perfeksjonere en teknikk der strålingen fra kjernen kunne sorteres i tid etter brøkdeler av pikosenkunder, 10^{-12} s, etter selve reaksjonen. Dette ble kalt førstegenerasjonsmetoden, og er en unik metode som har åpnet mange nye eksperimentelle muligheter, bl.a. studier av tettheten av energinivåer og av de favoriserte henfallsruter.

Smelter atomkjerner

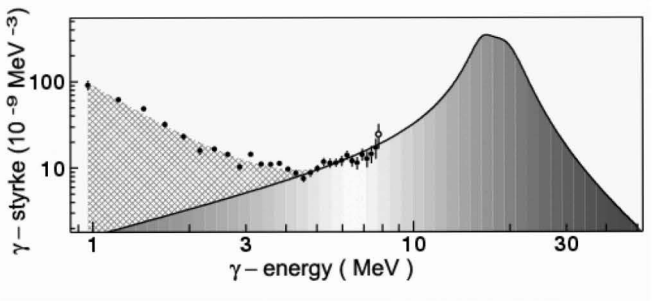
Det er kjent at stråling fra et legeme/objekt inneholder informasjon om objektets temperatur. Det er derfor mulig også å tilordne kjernen en temperatur. Fordelingen av γ- strålingen inneholder informasjon om temperaturen, og studiet av denne fordelingen gjør det mulig å få informasjon om det som nå kalles kjernens termiske egenskaper.

Alle kjenner til at is smelter ved oppvarming. Dette kalles en faseovergang. På samme måte kan man bruke denne terminologien i beskrivelsen av kjerner, den kan gå over fra en fase til en annen ved oppvarming. Og på samme måte som temperatur er et mål på stoffers indre energi, er det en sammenheng mellom kjernens temperatur og dens indre energi. I kalde kjerner er nukleonene parvis bundet til hverandre; alle protonene og nøytronene er paret. Dette er analogt til en supraledende fase i faste stoffer. Parene kan brytes opp når kjernene varmes opp – tilføres energi. Nukleonene går derved over i en ny fase, fermigassfase. Eksistensen av en mulig faseovergang fra supraledende fase til fermigassfase i kjernen var diskutert allerede rundt 1960.

En slik faseovergang i kjernen ble først observert ved syklotronlaboratoriet i Oslo. Ved å studere tettheten av energinivåer sammen med en størrelse analogt med varmekapasitet, ble det oppdaget at i tyngre kjerner skjer faseovergangen når kjernens "temperatur" tilsvarer en energi rundt 0,5 MeV.

Kjernene tilføres varme ved at de fanger inn ^{3}He fra en stråle som er akselerert i syklotronen. Etter reaksjonen avgir kjernen raskt energi ved å sende ut partikler og γ-stråler. Desintegrasjonen ved γ-stråler bestemmes av to faktorer: Antall tilgjengelige energitilstander, dvs. nivåtettheten, og γ-strålenes energi via en størrelse kalt γ-styrkefunksjonen. Nivåtettheten og γ-styrkefunksjonen er også viktige parametre ved dannelsen av nye elementer eller grunnstoffer i supernovaeksplosjoner. Disse målingene gir derfor også viktige parametre til astrofysiske modeller.

Et eksempel på målt og teoretisk γ-styrkefunksjon, er vist i figur 2. Ved de laveste γ-energiene er observervasjonene opp til en faktor 10–100 ganger større enn teoretisk forutsagt. Disse resultatene får derfor store konsekvenser for beregninger av reaksjonsrater. Det er spennende å se hvilken effekt disse resultatene vil ha på beregnet elementfordeling i universet.



Figur 2. Forventet (heltrukken linje) og observert γ-styrkefunksjon som funksjon av γ-energi fra jern. Uoverensstemmelsen mellom teori og observasjon er om lag en faktor 100 ved lave energier.

Kompetansesenter

I løpet av 25 år har syklotronen og miljøet rundt den, også gitt viktige ringvirkninger ved den spesielle kompetanse og måletekniske utrustning som der finnes. Dette har skjedd både som egne initiativ og etter henvendelser. Dette kan illustreres ved et par eksempler.

Tsjernobylulykken 26. april 1986, ga et betydelig radioaktivt nedfall over Norge. I syklotronlaboratoriet ble det fra første dag målt radioaktivitet i jord og planteprøver.

23. mars 1989 ble det på en pressekonferanse i Utah i USA, hevdet at to forskere hadde observert et vesentlig energioverskudd ved kald fusjon. Fusjonsforskning hadde i lang tid vært et stort og meget kostbart verdensomspennede forskningsfelt. Nå var fusjon observert i et enkelt elektrolysekar med tungtvann og palladiumelektroder, et eksperiment som omtrent kunne utføres på kjøkkenbenken.

I løpet av et par dager, før det forelå noen vitenskapelig rapport om fenomenet, ble det i full fart i Norge startet to undersøkelser med høyeste prioritet. Den ene var at Statistisk Sentralbyrå ble bedt om å beregnet de økonomiske konsekvensene for den norske oljeformuen, som raskt kunne bli alvorlig nedskrevet.

Den andre var et oppdrag til syklotronlaboratoriet om å utrede sannhetsinnholdet i meldingen fra Utah. En tverrfaglig gruppe av fysikere og kjemikere, som til sammen hadde den nødvendige eksperimentelle utrustning og kompetanse, startet de første eksperimenter 10. april. De første data forelå 14. april, og rapporten kom 15. april. I mellomtiden hadde Norsk Hydro omgjort en beslutning om å stanse produksjonen av tungvann, og prisen på palladium var blitt mangedoblet.

Den endelige rapporten ble overlevert kulturministeren 18. mai. Det ble ikke funnet indikasjoner på kjernereaksjoner. En eventuell forekomst av kald fusjon var høyst en faktor 10^{-10} av det som ble rapportert fra Utah. Rapportens konklusjoner ble for øvrig bekreftet av undersøkelsen som DOE i USA publiserte ca. ett år senere.

Innovasjon

Miljøet ved syklotronen engasjerte seg også i aktiviteter i fagets randsone.

I 1983 fikk Fysisk institutt besøk fra Industrifondet, etter invitasjon fra et av kjernefysikkgruppas medlemmer. Resultatet av besøket var bl.a. at Industrifondet bevilget de nødvendige midler slik at et innovasjonssenter ved Universitetet i Oslo kunne realiseres. Den 20. november 1984, ble Innovasjonssenteret stiftet. Bak stiftelsen sto 11 av landets største industriforetak, 6 forskningsinstitutter, Oslo kommune og Universitet i Oslo. Senterets oppgave var å gjøre norsk industri og næringsliv, universitetet og forskningsinstitutter, oppmerksomme på mulighetene til gjensidig gevinst ved å styrke forskningssamarbeidet i Oslo-regionen med Universitetet som det naturlige kraftsentrum.

Etableringen fikk stor betydning for utviklingen i og rundt Universitetet i Oslo, og er i dag manifestert ved utbyggingen de senere år i Gaustadbekkdalen.

Medlemmer av gruppen sto også helt sentralt i arbeidet med å planlegge selve forskningsparken, erverve tomt og regulere Gaustadbekkdalen, oppnå nødvendig godkjennelse fra regjeringen og kommunale myndigheter, og å etablere forskningssentra og grupperinger til forskningsparken.

Syklotronlaboratoriet har vært et måleteknisk kraftsentrum for innovasjon også på et annet område. Med grunnlag i de måletekniske ressurser og den optimisme og selvtillit som preget det eksperimentelle miljøet ved syklotronlaboratoriet, ble det såkalte solenergiprosjektet utviklet i symbiose med kjernefysikken. Prosjektet har en nesten like lang historie som laboratoriet selv, og har resultert i en etter hvert betydelig og omfangsrik aktivitet med mange studenter, doktorgrader, internasjonalt samarbeid og industrietableringer.

Kjernefysikernes optimistiske løfter da syklotron laboratoriet ble etablert, var: Interessante forskningsoppgaver, eksperimenter som ikke kan gjøres i andre laboratorier i Skandinavia og samspill mellom eksperiment og teori. Det er rimelig å hevde at syklotrongruppen med god margin har oppfylt løftene. I en evaluering et par år tilbake (se *http://ocl.uio.no/evaluation.pdf*) heter det at "syklotronlaboratoriet sannsynligvis er det eneste sted i verden der gruppens eksperimenter kan gjennomføres". γ- spektrometeret som er utviklet, har en effektivitet på 15 %. Det er dermed det mest effektive multidetektorsystem av sitt slag i verden for måling av γ-strålingens fordeling i rommet.

I evalueringen understrekes også at syklotronen er av avgjørende betydning for den meget anerkjente forskning som skjer i regi av våre kjernekjemikere, og også for forskningen på forbedring og utvikling av nye radioaktive preparater for medisinsk diagnostikk og terapi. Den nye PET-satsningen i Norge har i denne sammenhengen stor betydning.

Interessen for syklotronen, både når det gjelder vitenskap og anvendelser, er faktisk nå langt større enn den var for 25 år siden. Instrumenteringen er, innenfor sitt område, meget konkurransedyktig. Syklotronens levetid blir derfor vesentlig lenger enn man i sin tid trodde.

PET i Norge

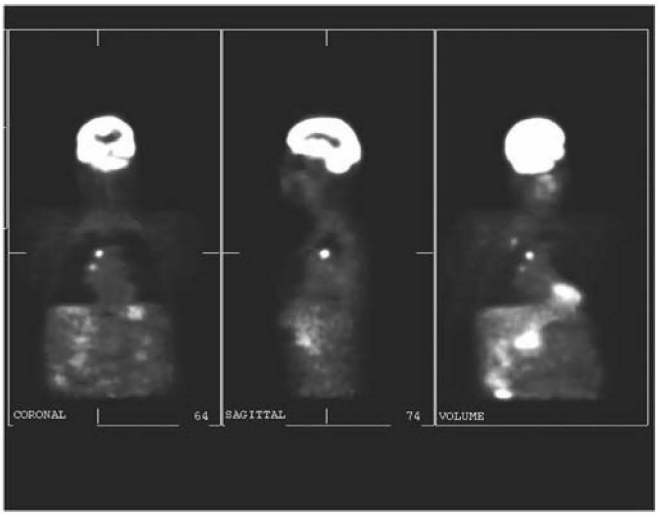
PET (Positron-emisjons-tomografi) er en medisinsk avbildingsteknikk. Radioaktivt stoff som desintegrerer med β^+ (positronemitter) tilsettes egnede radiofarmaka. β^+ annihilerer umiddelbart med et elektron. To γ-kvanter, hver med energi tilsvarende en elektronmasse, sendes ut i diamentralt motsatt retning. Ved syklotronlaboratoriet produseres β^+-emitteren ^{18}F ved protonaktivering av ^{18}O-anriket vann. Etter bestråling fraktes den sterkt radioaktive prøven til Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller, der det lages ^{18}F-fluordeoxyglucose (FDG). Dette er en form for druesukker som injiseres i pasienten, og som opptas i kreftceller som er i sterk vekst. PET er også en enestående teknikk til *in vivo*-avbilding av hjerne- og hjerteaktivitet.

Dette pilotprosjektet har pågått i 3 år, og det leveres ukentlig radioaktiv ^{18}F til Radiumhospitalet (DNR) og Rikshospitalet (RH). Mye takket være dette nære samarbeidet mellom UiO, IFE, DNR og RH, ble det på statsbudsjettet for 2004 bevilget penger til etablering av et nasjonalt PET-nettverk i Oslo-regionen. Det totale beløp for satsningen er 93 millioner kroner. Dette inkluderer en 16,5 MeV syklotron ved RH og et PET-kamera til hvert av de to sykehusene. I kjølvannet av dette ble Norsk Medisinsk Syklotronsenter A/S (NMS) stiftet, med eiere fra UiO og flere sykehus. Syklotronlaboratoriet på Blindern inngår som en viktig del av det nyetablerte PET-nettverket, og det er avsatt 3 millioner kroner til oppgradering av syklotronens kontrollsystem.

PET-metoden

I et PET-kamera er pasienten omgitt av en mengde symmetrisk plasserte γ-detektorer. Hvert γ-par som registreres samtidig i to detektorer, bidrar med informasjon om hvilket område strålingen kommer fra. Etter at mange γ-par i forskjellige retninger er registrert, er en kreftsvulst og dens utstrekning nøye lokalisert. Ved videre databehandling vil fordelingen av FDG i kroppen kunne beregnes og fremstilles i tre dimensjoner.

Figur 3 viser en slik avbildning i plan sett forfra og fra pasientens venstre side. Lengst til høyere i figuren vises to plan vinkelrett på kroppens akse. Områder med høy radioaktivitt er lyse. Figuren viser at det er stor aktivitet i hjernen. Den mørkere delen er lunger, mens lever, milt og nyrer lyser noe opp. En primær kreftsvulst synes øverst og bak i



Figur 3. PET-bilde der områder med stor strålingsaktivitet er lyse. (Hjernen er alltid aktiv.) De øvrige lyse områder viser en spredt lungesvulst i tre snitt (Radiumhospitalet).

den høyre lungen. Disse bildene avslører også to dattertumorer, noe man ikke ville Kunne oppdage med andre metoder.

Kjernekjemisk forskning

Den kjernekjemiske forskning ved syklotronen er vokst til å bli en av de største virksomhetene ved laboratoriet, konsentrert omkring prosjektene SISAK og α-aktive tumorsøkende stoffer.

SISAK-prosjektet er et samarbeid mellom kjernekjemikere fra Chalmers (Gøteborg), Universitetet i Mainz, Lawrence Berkeley National Laboratory (USA) og Universitetet i Oslo. Målet er å undersøke de aller tyngste elementer som kan produseres i kjernereaksjoner. Disse supertunge kjernene er meget kortlivede, og gruppen har utviklet en kontinuerlig, rask kjemisk metode for identifikasjon. Selve eksperimentene kan bare utføres ved store internasjonale laboratorier. Imidlertid er forarbeidet meget omstendelig. All optimalisering og testing av analyseutstyret foretas derfor i Oslo.

Bestråling av kreft ved tumorsøkende stoffer er et meget aktuelt forskningstema. Kjernekjemigruppen i Oslo bruker ^{211}At til dette formålet, og er på dette området ledende i Europa. Ved syklotronen produseres ^{211}At ved å bestråle ^{209}Bi med 30 MeV α-partikler. Etter umiddelbar utsendelse av to nøytroner dannes ^{211}At, som desintegrerer ved α-utsendelse med en halveringstid på ca. 7,5 timer. Astat koples til antistoffer eller til spesielle molekyler med stor affinitet for visse kreftsvulster. Stoffet sprøytes inn i kroppen og finner selv fram til

svulsten, som derved blir bestrålt. Denne interne bestrålingen er meget effektiv: 4–6 MeV α-partikler avsetter om lag 50 ganger større stråledose i vev enn hva 1 MeV elektroner gjør. I tillegg er rekkevidden bare 3–4 celldiametre, slik at omkringliggende normalt vev utsettes minimalt for stråling.

Stråling og elektroniske kretser

I de siste par år har det vært avsatt en god del tid ved sykloronen til testing av elektroniske komponenters holdbarhet i et strålingsmiljø (radiation hardness). Dette gjøres for ALICE-prosjektet ved CERN, der spesielle hukommelsesenheter i utlesningen av data (SRAM) vil operere i et sterkt strålingsmiljø. Undersøkelsene utføres med 29 MeV protoner. Data fra disse forsøkene brukes videre for å simulere feilrater i elektronikken under realistiske forhold. Testene har også betydning for bygging av elektroniske kretser til romforskning.

Senter for Akseleratorbasert Forskning og Energifysikk (SAFE)

Kjernefysikk, kjernekjemi og nukleær medisin er de tre største brukerne av syklotronen. For å videreutvikle fagfeltene vil en større enhet være påkrevd. Energifysikkdelen ved Fysisk institutt, som er sterkt integrert i syklotronvirksomheten, vil også bli inkludert.

Et initiativ fra Fysisk og Kjemisk institutt for å samordne all denne aktiviteten i et Senter for Akseleratorbasert Forskning og Energifysikk (SAFE), er tatt. Fakultetsstyret for Det matematisk-naturvitenskapelige fakultetet besluttet 21. april 2005, å opprette et slikt senter. En samordning av kreftene vil virke positivt når det gjelder forskning, undervisning og organisering. Det foreligger planer om en samlokalisering, og fagmiljøene har store forventninger til SAFE. Sammen vil dette miljøet være langt mer interessant for såvel internasjonale samarbeidsprosjekter og programmer som for norske brukermiljøer.

∞

Det antropiske prinsipp

Øystein Elgarøy *

Eksistensen av intelligent liv i universet ser ut til å kreve at de fundamentale konstantene i våre fysiske teorier og parametrene som bestemmer universets egenskaper i stor skala, har helt bestemte verdier.(1)

Standardmodellene for partikkelfysikk og for universets historie, har et titalls parametere og konstanter, og dersom disse betraktes som frie variable ser det ut til at de fleste valg av verdier ville lede til universmodeller der det ville være umulig for intelligent liv å utvikle seg. Vår eksistens er tilsynelatende et gigantisk lykketreff!

*Institutt for teoretisk astrofysikk, Universitetet i Oslo

Dagens standardmodeller i partikkelfysikk og kosmologi er neppe det siste ord om emnet, og vil før eller senere bli avløst av en ny teori som (forhåpentligvis!) vil være enklere, mer omfattende, og inneholde færre parametere. En del av de fundamentale størrelsene i dagens standardmodeller vil da kunne beregnes fra parametrene i den nye teorien og slik sett redusere antall 'sammentreff'. Men det er ikke utenkelig at det fremdeles vil finnes frie parametere i den nye teorien. Det ser for eksempel ut til å råde en viss pessimisme innenfor strengteorimiljøene med hensyn til mulighetene for å komme fram til en unik teori. Blant annet på grunn av dette, er det nå ny interesse for såkalte antropiske argumenter i fysikken og kosmologien.

I denne typen argumenter forsøker man å forklare eller forutsi, egenskaper ved naturen ved å ta hensyn til at utviklingen av intelligent liv ikke er mulig i alle typer universer. Den første anvendelsen av et slikt resonnement i moderne tid, kan tilskrives den amerikanske fysikeren Robert Dicke i 1961.(2)

Noen år tidligere hadde den britiske fysikeren Paul Dirac påpekt at forholdet mellom universets alder og tiden lyset bruker på å tilbakelegge en avstand som svarer til den typiske diameteren til et atom på den ene side, og forholdet mellom styrken på den elektrostatiske kraften og tyngdekraften mellom to protoner på den andre siden, er nesten det samme (omtrent 10^{39}). Han spekulerte så på om dette var mer enn en tilfeldighet, og at det skulle finnes en mer fundamental sammeheng mellom dem. Siden det første tallet inneholder universets alder, ville det føre til at det andre tallet må avhenge av tiden, og Dirac ble slik ledet til å foreslå at Newtons gravitasjonskonstant, G, er omvendt proporsjonal med tiden. Dicke påpekte imidlertid at den typiske levetiden til en stjerne er gitt ved de samme naturkonstantene som inngår i Diracs to forhold. Observatører som befinner seg på en planet i en bane rundt en stjerne, må nødvendigvis finne at universets alder er av samme størrelsesorden som den typiske levetiden til en stjerne, og det forklarer likheten mellom de to forholdene. Diracs relasjon kan med andre ord oppfattes som en forutsetning for at det skal finnes intelligente vesener som kan gjøre slike betraktninger, og man trenger ikke å postulere at G varierer med tiden for å forklare dette sammentreffet.

Det antropiske prinsipp

Det finnes flere varianter av det antropiske prinsipp, men i sin minst kontorversielle formulering lyder det omtrent slik: *Verdiene av de fysiske og kosmologiske størrelser i vårt univers har ikke alle samme sannsynlighet, men er begrenset av kravet om at de må tillate eksistensen av områder i universet der karbonbasert liv kan utvikle seg, og av kravet om at universet må være gammelt nok til å tillate at dette allerede er skjedd.* Denne versjonen kalles for *det svake antropiske prinsipp.*

Det finnes alternative, sterkere formuleringer, men disse smaker av teleologi, dvs. at universets utvikling tillegges en hensikt, noe det selvsagt ikke finnes noe som helst empirisk grunnlag for, og disse variantene av det antropiske prinsipp brukes sjelden. For enkelhets skyld vil jeg derfor heretter bare snakke om 'det antropiske prinsipp' og la det være underforstått at det er den svake varianten det dreier seg om. Det antropiske prinsipp sier i bunn og grunn at vi ser det vi ser, for hadde vi ikke gjort det, så ville vi ikke kunne ha vært her og sett det... Spørsmålet er imidlertid om dette er et vitenskapelig prinsipp. For at det skal være tilfellet, må det finnes minst ett eksperiment eller én observasjon som kan falsifisere det. Leser du ordlyden i det antropiske prinsipp en gang til, så ser du at dette kan synes vanskelig.

Fred Hoyles forutsigelse av eksistensen av et energinivå i ^{12}C-kjernen med en energi som er nøye justert i forhold til summen av energiene til to tilstander i kjernene ^{8}Be og ^{4}He, blir ofte regnet som en anvendelse av det antropiske prinsipp. Uten dette nivået ville dannelsen av tunge grunnstoffer i det indre av stjerner ikke være mulig, og det ville ikke bli dannet nok oksygen og karbon i universet til at liv kunne eksistere. Hoyles argument kan skjematisk stilles opp slik:

1. Det antropiske prinsipp gjelder.
2. Eksistensen av karbon og tyngre grunnstoffer, er nødvendig for at liv skal kunne eksistere.
3. For at karbon og tyngre grunnstoffer skal finnes, må ^{12}C-kjernen ha et nøye justert energinivå.
4. Altså har ^{12}C-kjernen dette energinivået.

Med andre ord: Vår eksistens er betinget av at det finnes karbon og tyngre grunnstoffer. Dersom ikke dette eksiterte nivået i ^{12}C fantes, så ville ikke vi kunne eksistere, altså må det være der. Det lyder overbevisende, men det kan imidlertid reises en viktig innvending mot argumentet. Det antropiske prinsipp er ikke noen vesentlig del av resonnementet, for vi kommer til samme konklusjon ved å tenke slik:

1. Karbon og tyngre grunnstoffer er observert i rikelige mengder i universet.
2. For at karbon og tyngre grunnstoffer skal finnes, må ^{12}C-kjernen ha et nøye justert energinivå.
3. Altså har ^{12}C-kjernen dette energinivået.

Vi ser derfor at argumentet kan bringes over i en form som er av samme type som alle andre naturvitenskapelige resonnementer. Den vesentlige observasjonen er ikke eksistensen av intelligent liv, men at universet inneholder karbon og tyngre grunnstoffer.

Det finnes andre eksempler på anvendelser av det antropiske prinsipp, blant annet til å forutsi verdien av den kosmologiske konstant (vakuumenergien), men i alle tilfellene kan man bringe argumentene over på en mer konvensjonell form, slik som nevnt ovenfor. Det er aldri eksistensen av intelligent liv som er det sentrale premiss, men eksistensen av det vi med vår nåværende kunnskap tror er nødvendige betingelser for liv: karbon og tyngre grunnstoffer, spiralgalakser, stjerner som er stabile over en tid på størrelse med den typiske tidskala for biologisk evolusjon, og så videre.

Multiverset

Diskusjonen i avsnittet over burde gjøre oss skeptiske til nytten av det antropiske prinsipp. La oss imidlertid ta oss bryet med å se litt grundigere på det. Bak det antropiske prinsipp ligger en forståelse av at verdiene til naturkonstantene og parametrene som bestemmer egenskapene til vårt univers, er sjeldne og usannsynlige. Men det er vanskelig å se at begreper som 'sjeldent' og 'usannsynlig' kan ha noen mening dersom vårt observerbare univers er alt som finnes. For å operere med sannsynlighetsbegrepet, må vi ha flere universer å sammenligne med! Dette høres ut som science fiction, men bak moderne anvendelser av det antropiske prinsipp ligger det alltid en forståelse av at det finnes et helt ensemble av universer som man kan bruke til å definere sannsynlighetsfordelinger. Denne samlingen av universer kalles ofte for *multiverset*. Den kan realiseres på flere måter. For eksempel vil i såkalte evige inflasjonsmodeller stadig nye områder i et uendelig stort rom hele tiden begynne å utvide seg. Vårt eget observerbare univers blir slik sett bare ett av et uendelig antall områder i disse modellene. Dette er bare ett scenario av mange, men felles for dem alle er at de leder til en mengde av universer som ikke har noen kausal forbindelse med hverandre, og som kan ha forskjellige verdier for naturkonstanter og kosmologiske parametere. Multivershypotesen blir brukt til å gjøre forutsigelser om vårt univers ved hjelp av følgende premisser:

1. Det finnes et ensemble av universer. Disse står ikke i kausal forbindelse, og naturkonstantene og kosmologiske parametere har forskjellige verdier i de ulike universene. Siden vi ikke er kausalt forbundet med noen av de andre universene, kan vi bare observere egenskapene til vårt eget univers.
2. Parametrene og naturkonstantene i de ulike universene er tilfeldige, og de verdiene som vi måler i vårt univers er sjeldne.

Disse to premissene brukes til å forklare, for eksempel, hvorfor vakuumenergien vi måler er en faktor på minst 10^{60} mindre enn den verdien som er den naturlige ut ifra teorien: Det finnes en enorm mengde ulike univers, og i hvert av disse har vakuumenergien forskjellige verdier. Men, ved å regne ut for eksempel hvor mange galakser som dannes i et univers som funksjon av vakuumenergiens størrelse, finner man ut at det bare er når denne er nær null at vi får universer med betingelser som er gunstige for intelligent liv. Disse verdiene er sjeldne, men siden vi eksisterer, er det en av disse verdiene som vakuumenergien må ha i vårt univers. Analogt: Det er lite sannsynlig å vinne i Lotto, men tipper du uendelig mange ganger, så vil rekken din bli trukket ut (uendelig mange ganger), og det er ikke noe merkelig med det.

Fysikeren Lee Smolin har imidlertid påpekt at et resonnement basert på premissene 1 og 2 ikke lar seg falsifisere.[3] Grunnen er enkel: Hvis premissene i det hele tatt er relevante, så må vårt univers være med i ensemblet av universer som forutsettes i premiss 1. Siden det ligger i dette premisset at intet av universene er kausalt forbundet, kan vi ikke bruke det at vi ikke kan observere eventuelt andre medlemmer av ensemblet til å motbevise prinsippet. Videre, uansett hvilke egenskaper vårt univers måtte vise seg å ha, så vil dermed minst ett av universene i ensemblet ha disse egenskapene.

Et videre hinder for falsifikasjon er at premiss 2 sier at egenskapene til vårt univers er sjeldne. Dersom vi gjør en statistisk forutsigelse, for eksempel at finstrukturkonstanten (som bestemmer styrken til den elektromagnetiske kraften) er normalfordelt over ensemblet med middelverdi 1, og med et standardavvik på 0,1, så vil ikke det faktum at den i vårt univers er cirka ti standardavvik mindre enn middelverdien, og dermed svært lite sannsynlig, kunne falsifisere premiss 1 og 2. For premiss 2 sier jo nettopp at vårt univers er sjeldent. Så lenge vi bare kan gjøre observasjoner i vårt eget univers, så er det umulig å teste forutsigelser om hvor sannsynlige spesielle parameterverdier er.

Dagens kosmologiske modeller åpner imidlertid muligheten for at det faktisk finnes et multivers, og det er interessant å se om det går an å formulere alternativer til det antropiske prinsipp som faktisk er testbare. Smolin påpeker at dette er mulig der-

som vi bytter ut premiss 2 med et nytt premiss der vi angir en mekanisme for å generere multiverset, og vi krever at mekanismen resulterer i at nesten alle universene i ensembelet har en ny, hittil ukjent egenskap, og det er mulig å teste empirisk om vårt univers har denne egenskapen. Dersom vi da finner at vårt univers *ikke* har denne egenskapen, så vil denne konkrete multiversmodellen være falsifisert. Smolin selv har framsatt en spekulativ modell, en slags kosmologisk variant av naturlig utvalg, som han hevder tilfredsstiller disse kravene.

Andre innvendinger

De fleste anvendelser av det antropiske prinsipp dreier seg om å forklare eller forutsi, verdier på kosmologiske parametere. Som oftest har man bare latt parameteren man er interessert i variere, mens alle de andre er blitt holdt fast. Resultatet er da, kanskje ikke overraskende, at bare et lite verdiområde for den aktuelle parameteren gir universmodeller der forholdene samsvarer med de man tror er nødvendige for at intelligent liv skal kunne eksistere.

Men hva om man tillater flere parametere å variere samtidig? En del arbeider har tatt for seg denne muligheten, og konklusjonen ser ut til å være at man da har langt flere valgmuligheter.(4) Universer som har ganske andre verdier for de kosmologiske parametre enn de vi observerer i vårt univers, kan likevel være slik at intelligent liv kan utvikle seg. Dette svekker selvsagt styrken til antropiske resonnementer. Tilsvarende undersøkelser for naturkonstantene, som for eksempel gravitasjonskonstanten og finstrukturkonstanten, er så vidt meg bekjent ikke blitt gjort. Men jeg ville ikke bli forbauset om de ville føre til samme konklusjon.

En gammel debatt

At naturen gir inntrykk av finjustering og konstruksjon, er selvsagt ingen ny idé, og det er interessant å merke seg at en slags variant av multiverset og det antropiske prinsipp fantes i de gamle greske filosofers kosmologiske debatt.(5) De var opptatt av spørsmålet om hvordan orden i universet oppstod og blir opprettholdt. De mest innflytelsesrike tenkerne var Platon og Aristoteles som begge hevdet at en form for høyere intelligens måtte stå bak. De mente at det bare finnes ett univers, og at dette er ordnet på best mulig måte. Mot disse sto atomistene, deriblant Demokrit, som mente at orden i vårt univers er et resultat av tilfeldigheter. Det finnes uendelig mange univers, hevdet de, og i disse ville materiens bestanddeler bli satt sammen på alle tenkelige måter. I en slik uendelig mengde av universer vil det nødvendigvis også være uendelig mange som er det vi vil oppfatte som velordnede, og vårt univers er ett av disse. Likheten med vår tids antropiske argumenter er slående. Det var imidlertid Platon og Aristoteles' syn som dominerte, og en av grunnene til dette var at atomistenes teorier om hvordan dette mangfold av universer dannes, ikke virket overbevisende. Dette er vel verdt å merke seg med tanke på vår tids debatt.

Sluttord

Mennesket er til alle tider blitt slått av at naturen er kompleks og velordnet, og viser tegn til konstruksjon. For mange har det vært nærliggende å trekke slutningen at det må stå en intelligent konstruktør bak. Men som den skotske filosofen David Hume påpekte, er det i slike resonnementer fra effekt til årsak, ikke logisk riktig å tillegge årsaken andre egenskaper enn de som er strengt nødvendige for å frambringe effekten. Biologisk evolusjon lærer oss at naturlige prosesser, i dette tilfellet tilfeldige variasjoner i arvematerialet kombinert med naturlig utvalg, kan forklare hvordan enklere livsformer kan utvikle seg over tid til å bli svært kompliserte. Tilsynelatende konstruksjon kan være et resultat av helt naturlige prosesser.

Det synes klart at det antropiske prinsipp, slik det vanligvis blir brukt, ikke er falsifiserbart. Dersom man kan vise til en mekanisme som kan generere et multivers, og dersom denne mekanismen forutsier at alle universer skal ha minst én egenskap felles som vi ikke allerede vet er riktig i vårt univers, så kan antropiske resonnementer bringes innenfor vitenskapen. I motsatt fall blir de rene spekulasjoner.

Hvordan skal vi forstå den tilsynelatende finjusteringen av naturkonstantene og kosmologiske parametre? I tilfeller der man ser på variasjon av kosmologiske parametre, har det vist seg at det er et bredt spekter av kosmologiske modeller som tillater eksistensen av intelligent liv. Kanskje er ikke finjusteringen så ekstrem som vi får inntrykk av ved første øyekast?

Det finnes ennå muligheter for at alle de fundamentale konstanter og parametre som bestemmer egenskapene til vårt univers, en dag vil kunne utledes fra en enhetlig teori. Kanskje finnes det bare ett sett av logisk konsistente naturlover? Hvis svaret er nei, er det allikevel klart at det antropiske prinsipp ikke uten videre kan gi en vitenskapelig forklaring på at universet ser ut som det gjør.

Referanser

1. Ingolf Kanestrøm: *Naturkonstanter og livsbetingelser*, Fra Fysikkens Verden, **67**, Nr. 1, 19–23 (2005)
2. John D. Barrow & Frank J. Tipler: *The anthropic cosmological principle*, Oxford University Press, New York (1986)
3. Lee Smolin: *Scientific alternatives to the anthropic principle*, http://xxx.lanl.gov/abs/hep-th/?0407213
4. Anthony Aguirre: *The Cold Big Bang Cosmology as a Counter-example to Several Anthropic Arguments*, http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/?0106143
5. Andrew Gregory: *Eureka! The Birth of Science*, Icon Books, Cambridge (2003)

∞

Einsteins visjon

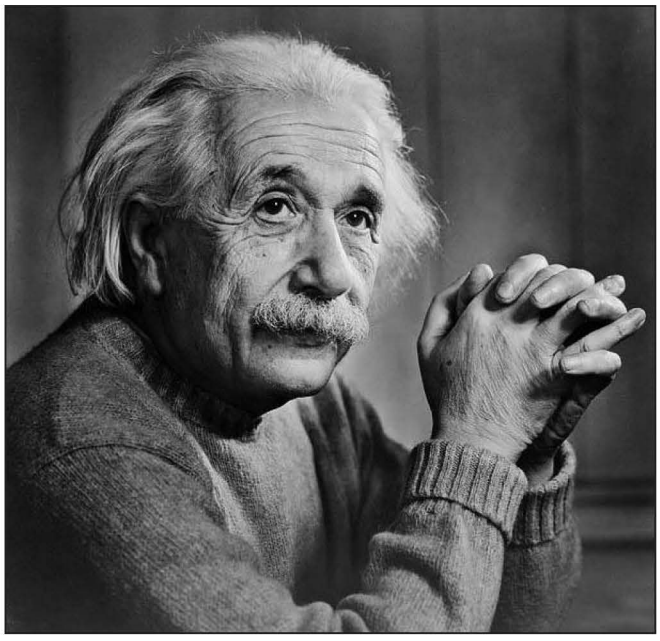
Øyvind Grøn *

Einsteins ambisiøse mål var å konstruere *en* omfattende teori som i prinsippet kunne beskrive alle egenskapene til den materielle verden. Alle de fysiske størrelsene i teorien skulle ha verdier som ble bestemt fra teoriens fundamentale prinsipper. Teorien skulle ikke inneholde noen størrelser med verdier som måtte bestemmes fra observasjoner.

Einsteins relativitetsteorier

For hundre og femti år siden konstruerte den britiske fysikeren *James Clerk Maxwell* en forent teori for optiske, elektriske og magnetiske fenomener. Likningene til Maxwell forutsa at lys er elektromagnetiske bølger. Senere innså fysikerne at Maxwells teori også omfattet radiobølger og ulike typer stråling slik som røntgen- og gammastråling.

For hundre år siden kjente man to fundamentale krefter: *gravitasjon* og *elektromagnetisme*. Gravitasjon var beskrevet i Newtons gravitasjonsteori, og elektromagnetismen i Maxwells teori. Einstein (figur 1) hadde fordypet seg i disse teoriene. Ved



Figur 1. Albert Einstein (1879–1955), foto Yousuf Karsh.

å tenke seg at han red på en lysbølge, hadde han innsett at mekanikkens relativitetsprinsipp måtte utvides til å omfatte elektromagnetiske fenomener. Ifølge den vanlige galileiske kinematikken var det mulig å reise sammen med en lysbølge og observere et "frosset" bølgemønster i rommet. Men Einstein

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

så at dette var i konflikt med Maxwells likninger. Han konkluderte da med at det måtte være noe galt med den galileiske kinematikken og konstruerte en ny kinematikk basert på relativitetsprinsippet og prinsippet om at lysets hastighet er den samme målt av alle observatører uavhengig av deres hastighet i forhold til lyskilden. Dette var *den spesielle relativitetsteorien* som han presenterte i 1905.

Newtons gravitasjonsteori var basert på den galileiske kinematikken. Einstein kunne derfor ikke akseptere denne teorien, og han satte seg i 1907 som mål å konstruere en ny gravitasjonsteori som ikke var i konflikt med den spesielle relativitetsteorien. Det tok ham åtte år å komme frem til denne teorien. Den nye gravitasjonsteorien ble fullført desember 1915. Det var en storslagen teori som ble kalt *den generelle relativitetsteorien.* Einstein hadde konstruert ikke bare en relativistisk teori for gravitasjon, men også en ny teori for tiden og rommet.

I den nye teorien opptrer ingen gravitasjonskraft. Gravitasjon fremtrer i den generelle relativitetsteorien som kinematikk i et krumt firedimensjonalt tidrom.[1] Partikler som vi i Newtons teori sier er påvirket av en gravitasjonskraft, opptrer som frie partikler i Einsteins teori. Masse krummer tidrommet, og tidrommets geometri bestemmer hvordan frie partikler beveger seg.

Forente teorier

Noen år før Einstein hadde fullført den generelle relativitetsteorien, hadde den finske fysikeren *Gunnar Nordstrøm* (figur 2) laget en ny gravitasjons teori. Han var en ambisiøs fysiker og ønsket også å konstruere en forent teori for gravitasjon og elektromagnetisme. I 1914 viste han hvordan dette kunne la seg gjøre ved å postulere eksistensen av en fjerde romlig dimensjon og anvende sin gravitasjonsteori på det femdimensjonale tidrommet. En forent teori for gravitasjon og elektromagnetisme fremkom da han projiserte denne teorien inn i vårt firedimensjonale tidrom. Den nye teorien ble publisert i et anerkjent tysk tidsskift.[2] Men fra 1916 av ble Einsteins gravitasjonsteori dominerende, og Nordstrøms teori ble nærmest glemt. Ideen til Nordstrøm har imidlertid senere fått stor betydning.

I 1919 fikk den tyske fysikeren *Theodor Kaluza* samme idé som Nordstrøm. Om han hadde lest Nordstrøms artikkel vet vi ikke, men han refererte i hvert fall ikke til den. Kaluza hadde den fordelen at han kunne bygge videre på Einsteins relativitetsteori. Han nøyde seg med å utvikle ideen i

Figur 2. Gunnar Nordstrøm (1881–1923).

svakt-felt-approksimasjonen. Manuskriptet sendte han til Einstein, som ble begeistret, men anbefalte noen endringer. Artikkelen ble publisert i 1921.[3]

I 1926 utarbeidet den svenske fysikeren *Oskar Klein* (figur 3) en forent teori for gravitasjon og elektromagnetisme ved å anvende den generelle rela tivitetsteorien på et tidrom med fem dimensjoner, uten å gjøre noen tilnærmelser slik Kaluza hadde gjort.[4,5] Siden da er den blitt kalt Kaluza-Klein teorien, men det ville vært mer korrekt å kalle

Figur 3. Oskar Klein (1894–1977).

den Nordstrøm-Kaluza-Klein-teorien. Oskar Klein gjorde imidlertid noe nytt. Han var den første som prøvde å forene gravitasjonsteorien med kvantemekanikken. Dette gjorde han ved å anta at den femte dimensjonen var lukket. Ifølge Klein er det vi oppfatter som et punkt i virkeligheten en liten sirkel. Den fjerde romlige dimensjonen strekker seg ut langs sirkelen. Men dette registrerer vi ikke, selv ikke med våre sterkeste partikkelakseleratorer som har en oppløsning på 10^{18} m, for sirkelen har en radius på bare litt under 10^{-30} m.

Kan dimensjonsløse naturkonstanter beregnes?

Man kan undres på om Einstein var *for* ambisiøs. Oppgaven han satte seg er vanskeligere enn den fortonet seg for åtti år siden. I dag kjenner vi *fire fundamentale krefter* med høyst forskjellige egenskaper. De to som Einstein arbeidet med, var *den elektromagnetiske kraften* og *gravitasjon.* I tillegg har vi *den svake kjernekraften* som blant annet forårsaker radioaktiv utstråling av elektroner fra atomkjernene. Og vi har den såkalte *fargekraften* som binder kvarkene sammen til protoner og nøytroner.

En dimensjonsløs konstant som beskriver styrken av den elektromagnetiske kraften, er *finstrukturkonstanten,* $\alpha = e^2/2\epsilon_0 hc \approx 1/137$, der e er elementærladningen, ϵ_0 er permittiviteten for vakuum, h er planckkonstanten og c er lyshastigheten. Tilsynelatende kan man regne ut verdien av finstrukturkonstanten fra uttrykket ovenfor. Men saken er at verdien av elementærladningen kommer fra observasjoner. Den har man ikke greid å beregne. Kanskje det ikke er mulig å konstruere en teori der verdien av for eksempel finstrukturkonstanten bestemmes av teorien? Ingolf Kanestrøm[6] skriver: "Nå mener de fleste fysikerne at de dimensjonsløse konstantene er foreskrevet av naturen; de kan ikke beregnes, og de er ikke relatert til andre tall." Men kanskje er dette litt vel defensivt? La oss se hva Oskar Klein skrev i en en-sides artikkel i "Nature" i 1926.[7]

Ved å projisere bevegelseslikningen for frie, nøytrale partikler i det femdimensjonale tidrom inn i vårt firedimensjonale tidrom fremkommer en likning som kan tolkes som bevegelseslikningen til en ladd partikkel i et elektrisk felt, dersom man identifiserer den femdimensjonale impulsen til partikkelen på følgende måte: $p_5 = qc/8\pi(\epsilon_0 G)^{1/2}$ der q er partikkelens ladning, og G er Newtons gravitasjons konstant. Dette betyr at det vi oppfatter som en partikkels ladning, er projeksjonen av dens impuls, p_5, knyttet til bevegelse rundt den sirkulære femte dimensjonen. Ladningen til en partikkel er lik et helt antall elementærladninger, $q = Ne$. Når en partikkel går rundt en lukket kurve er dens impuls kvantisert, $p_5 = Nh/l$ der $l = 2\pi r$ er omkretsen av sirkelen, og r er dens radius. Ved å sette de to uttrykkene for p_5 lik hverandre og benytte uttrykket ovenfor for finstrukturkonstanten, finnes følgene uttrykk for den femte dimensjonens radius:

$$r = [(4\sqrt{(\pi/\alpha)}]l_P$$

der

$$l_P = (hG/2\pi c^3)^{1/2} = 1,6 \cdot 10^{-35}\ m$$

er plancklengden. Oskar Klein fant dermed ut at den fjerde romlige dimensjonen bare hadde en utstrekning $l = 2\pi r \approx 10^{-31}$ m, og han hadde tilbakeført ladningens kvantisering til impulsens kvantisering.

Så langt Oskar Klein. Vi kan nå tenke på uttrykket for r på en annen måte. Det kan skrives:

$$\alpha = 16\pi(l_P/r)^2$$

Nordstrøm-Kaluza- Klein-teorien kan ikke brukes til å beregne verdien av finstrukturkonstanten fra dette uttrykket, siden den ikke sier noe om radien til den fjerde romlige dimensjonen. Men i vår tid arbeider man med å konstruere en *kvantegravitasjonsteori.* Det innebærer å kvantisere selve tidrommet. Fysikerne har gjort flere forsøk på å lage en slik teori. Det mest ambisiøse er *superstrengteori i ti tidromdimensjoner.* Målet er å komme frem til en forent teori for de fundamentale kreftene, for partiklene som virker på hverandre, og for tiden og rommet. Foreløpig har man ikke greid å beregne noe avstandskvant r_0 ut fra en slik teori. Men dersom man greier å lage en teori som gjør det mulig å beregne hvor mange plancklengder avstandskvantet er, har man også lagt grunnlaget for å regne ut verdien av finstrukturkonstanten uten å sette inn noen observert verdi.

Konklusjon

I de siste tretti årene av sitt liv arbeidet Einstein med å konstruere en forent teori for elektromagnetisme og gravitasjon. Han lyktes ikke. Trolig var en av årsakene at han ikke var villig til å akseptere kvanteteorien som en fundamental teori. Men hans

program har staket ut retningen de mest ambisiøse fysikerne i vår tid prøver å følge. Blant fysikerne i dag er det en tro på at det vil la seg gjøre å bestemme verdiene av de dimensjonsløse naturkonstantene, slik som finstrukturkonstanten, med en tilstrekkelig kraftfull teori.

Dette er her blitt illustrert med utgangspunkt i Nordstrøm-Kaluza-Klein-teorien. Kombinert med en teori for kvantisering av rommet kan denne gjøre det mulig å beregne finstrukturkonstanten. Man kan imidlertid ikke regne med at uttrykket ovenfor er korrekt. Det illustrerer en måte å tenke på. Vi vet imidlertid at det er en sammenheng mellom den elektromagnetiske kraften og den svake kjernekraften, og kanskje med fargekraften mellom kvarker. Slike sammenhenger er neglisjert ovenfor.

Men Einsteins visjon om at de fundamentale konstantene må kunne la seg beregne dersom man greier å lage en tilstrekkelig god teori, ser man sporet av i eksempelet ovenfor. Slike eksempler kan ha en dobbelt rolle. De kan motivere oss til å gå videre, og de kan gi oss en pekepinn om hvilke veier som kan føre oss nærmere en forent teori for det krumme tidrommet, partiklene som eksisterer i det og kreftene som virker mellom dem.

Referanser

1. A. Einstein: *Relativitetsteorien, med et innledende essay av Ø. Grøn.* Bokklubben Dagens Bøker 2000, De Norske Bokklubbene AS (2000)
2. G. Nordstrøm: *Über die Möglichkeit das Elektromagnetische Feld und das Gravitationsfeld zu Vereinigen.* Physik. Zeits., **15**, 504 (1914)
3. Th. Kaluza: *Zum Unitätproblem der Physik.* Sitsungber. Preuss. Akad. Wiss. Leipzig, 966 (1921)
4. O. Klein: *Quantenmechanik und Fünfdimensional Relativitätstheorie.* Z. Physik, **37**, 895 (1926)
5. E. Appelquist, A. Chodos and P.G.O. Freund, eds.: *Modern Kaluza-Klein Theories.* (Har engelske oversettelser av artiklene i ref. 2–4). Addison-Wesley Publ. Comp. (1987)
6. I. Kanestrøm: *Naturkonstanter og livsbetingelser.* Fra Fysikkens Verden, **67**, No 1, 19 (2005)
7. O. Klein. *The Atomicity of Electricity as a Quantum Theory Law.* Nature, **118**, 516 (1926)

∞

Fysikk i skolen

Ny læreplan i fysikk til "lufting"

Norsk skole er nok en gang i ferd med å gjennomgå til dels store endringer. Punktum i denne prosessen er nye læreplaner i alle fag på alle trinn. Ny fag- og timefordeling og nye læreplaner i grunnskolens fag, samt fellesfag i den videregående opplæringen, har allerede vært på høring, og Norsk fysikklærerforening har sendt sine innstillinger til disse utkastene.[1]

Fysikkfaget blir nå ett av flere programfag innen nyvinningen programområdet realfag, en slags moderat realfaglinje. Innen dette programområdet finnes foruten de klassiske realfagene også to nye fag, geofag og teknologifag. Det er med andre ord mye å sette seg inn i for den som ønsker å være informert om hva som skjer i den videregående skolen. Læreplanene for disse programfagene skal sendes til høring ut på høsten. Imidlertid offentliggjorde Utdanningsdirektoratet et førsteutkast til planer for disse fagene allerede i april.[2] Selv om disse dokumentene ikke har formell status som høringsutkast, er det mulig å gi tilbakemeldinger om utkastene til direktoratet via e-post. Disse tilbakemeldingene vil bli videreformidlet til den aktuelle læreplangruppen.

Intervju med John Haugan

Vi har ufordret John Haugan, lederen for utvalget for fysikkfaget, med noen spørsmål knyttet til arbeidet med læreplanen. Haugan er førsteamanuensis ved ingeniørutdanninga ved Norges informasjonsteknologiske høgskole i Oslo. Han har også i en årrekke vært sentral i arbeidet med fysikkeksamen. Med seg i læreplangruppa har han hatt Anne Beth Scheen (lektor ved Nesbru videregående skole i Asker), Astrid Johansen (lektor ved Adolf Øyens videregående skole i Trondheim) og Arnt Inge Vistnes (førsteamanuensis ved Fysisk institutt, Universitet i Oslo).

Tanken med læreplanarbeidet denne gangen har vært å få lagt helhetlige faglige planer fra 1. klasse til avsluttet videregående utdanning. Fysikkfaget må derfor naturlig nok sees på som en videreføring av læreplanen i naturfag. På hvilken måte har utkastene til læreplan i naturfag vært førende for det arbeidet dere har gjort?

De nye læreplane skal ha kompetansemål. De skal gi uttrykk for hva elevene skal kunne mestre, og hva de kan gjøre, når de er ferdige med trinnet/faget. Et krav fra Utdanningsdirektoratet har vært at planer på et høyere trinn ikke skal gjenta kompetansemål fra lavere trinn, men bygge videre på dem. Derfor har vi måttet ta utgangspunkt i naturfagplanen for trinnene 1–10, og Vg1 (ny betegnelse for det første året i den videregående skolen). Vi har tolket læreplanen i naturfag og hatt det som utgangspunkt for hva vi har tatt med i fysikk.

For å følge opp dette temaet litt: Er det riktig oppfattet at direktoratet har knesatt et prinsipp om at ingenting skal gjentas?

Ja, det er ikke meningen at kompetansemål skal gjentas. Men det er mulig å arbeide med de samme emnene, så sant dette innebærer en reell kompetanseøkning. Argumenter som at "elevene har glemt dette når de kommer til oss i videregående skole, så vi må ta det med i planen", er ikke akseptert. Har de hatt om for eksempel linseformelen i ungdomsskolen, skal ikke den gjentas i læreplanen i videregående skole. Har de glemt den, er det et metodisk problem og ikke et anliggende for læreplanen. Dette er en av de føringene vi har hatt å jobbe etter.

Det er klart at det ligger mulige problemer i dette. Det problematiske er at målene i naturfagplanen er nokså utydelige, samtidig som vi ikke har anledning til å skrive spesielt detaljert hva som skal være med i fysikkplanen. Dette ser man ganske tydelig i forhold til stoff om astrofysikk. Etter 10. klasse skal eleven kunne "beskrive universet og hvordan det har utviklet seg". Vi er usikre på hva dette betyr i detalj, og hva vi da kan ta med av astrofysikk og kosmologi uten at det blir gjentagelser. Husk at det utkastet vi har kommet med nå er et arbeidsdokument. Dette og andre emner er det derfor fint å få konkrete tilbakemeldinger om, både i den "luftingen" som nå foregår og i den endelige høringen til høsten.

Gi tre stikkord som oppsummerer de styrende prinsippene for arbeidet med læreplanutkastet.

Direktoratet har gitt oss flere stikkord. De mest sentrale er nok *kompetanse, tydelige mål* og *kortere plan enn tidligere.* I tillegg kan vi nevne utsagnet "det skal være flere veier til målet", som betyr at det skal være metodefrihet for den enkelte lærer. Planen skal ikke si noe om metode. Så får hver enkelt vurdere om det er noen motsetninger mellom disse stikkordene. Det har vært et uttalt krav, blant annet fra statsråden, at planene skal bli kortere. Dersom dette betyr "færre emner", vil det gi tid til fordypning i sentrale emner, og det er bra. Men på meg virker det som om "kortere" også betyr "færre ord", og det er neppe forenelig med tanken om at målene skal bli tydeligere enn tidligere.

Hva vil du si er "hovedproblemer" med den gamle planen som det nye utkastet "løser"?

Hovedproblemene er godt utredet i en rapport fra Fysikklærerforeningen.[3] Sammenliknet med de andre læreplangruppene, har vi hatt et godt forsprang siden mye av det grunnleggende analysearbeidet allerede var gjort. Vi har rett og slett tatt med rapporten som et av grunnlagsdokumentene i arbeidet vårt.

Det vi har lagt størst vekt på av det rapporten konkluderer med, er å forsøke å redusere stoffmengden, ta inn teknologiske emner og fokusere mer bevisst på matematikkens rolle i fysikkfaget. Vi vil også ha med emner som er "moderne", og som kan vekke interesse for faget. Men vi har forsøkt å ta hensyn til at svært mye av det som er i den eksisterende planen er bra, og vi har ikke villet gjøre endringer for endringenes egen skyld.

Vi har foreløpig snakket ganske generelt om læreplanen, og dette er selvfølgelig viktig som en bakgrunn for å forstå hvorfor planen ser ut som den gjør. Men til syvende og sist er det de helt konkrete målformuleringene som vil bli mest diskutert. Et konkret eksempel her er termofysikken som har forsvunnet. Hvordan kommenterer du dette?

Vi så jo at termofysikken ikke var med i naturfagplanen. Rapporten fra Fysikklærerforeningen var klar på at 2FY må reduseres. Det betyr at noe må ut. Uansett hva man skal ta ut, vil det smerte. Valget havnet altså på termofysikk. Kjemikerne vil ta seg av noe av dette, slik at det er mulig å få termofysikk med seg i fag i Vg2 og Vg3. Jeg pleier å si at det er lett å vite hva man skal ha med i en læreplan, men det er fryktelig vanskelig å vite hva man skal ta ut igjen. Dette så vi jo også i arbeidet med læreplanen siste gang. Mange lærere foreslo nye emner inn i faget, men svært få var i stand til å fortelle hva som kunne ofres for å finne plass til det nye.

En annen synlig endring er dreiningen over mot teknologi, som du selv også kommenterte tidligere. Hva har begrunnelsen for denne endringen vært?

Jeg oppfatter det mer som at vi prøver å trekke teknologi inn i fysikkfaget. Det er flere grunner til at

det er blitt sånn. Rapporten fra Fysikklærerforeningen hadde dette som et ønske. Videre er det tendenser internasjonalt til å forsøke å trekke noe teknologi inn i fysikkfaget. Dessuten er "Teknologi og design" et nytt emne i naturfaget, og dette bør programfagene følge opp. Derfor er det naturlig å gjøre noen grep også i fysikkplanen. Vi har plukket ut noen områder som er av en slik art at de også viser moderne sammenhenger mellom fysikk og teknologi. Samtidig håper vi at fysikk lærerne vil finne dem interessante. Det blir viktig å bruke kursmidler til skolering i disse områdene.

Referanser

1. *http://fysikk.hfk.vgs.no/fysikklaereren_nr_1_2005.htm*
2. *http://skolenettet.no/lp* hvor alt om læreplanprosessene finnes.
3. *http://fysikk.hfk.vgs.no/Utvalgsrapport.htm*

Rolf V. Olsen
ILS, UiO

∞

Hva skjer

Fred Kavli gir enestående vitenskapelige priser til fysikk

Mange har lest i aviser og på Internett at den norsk-amerkanske fysikeren og industrigründeren Fred Kavli har gitt store gaver til toppforskning i fysikk i vid forstand. Nå vil han også gi æres-priser på én million dollar til de beste i verden i hvert av feltene *astrofysikk, nanovitenskap* og *neurovitenskap.* Prisvinnerne skal pekes ut av internasjonale komiteer i samarbeid med Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. Det er håpet at disse store Kavliprisene etter hvert får en prestisje som kan sammenlignes med den Nobelprisene har, og de vil i alle fall bidra mye til å sette Norge på kartet i disse fagområdene. Første prisutdeling skal skje i september 2008, og deretter annethvert år.

Fred Kavli er født i 1927 og vokste opp i ei lita bygd i Eresfjord i Romsdal. Han kom til Firda landsgymnas som ble viktig for hans livsfilosofi, og han ble sivilingeniør i teknisk fysikk på NTH i 1955. Skolegangen og utdanningen finansierte han delvis med å kutte treknott til motordrift under krigen da han bare var en unggutt, og han fikk også mangfoldig arbeidserfaring som sjømann og anleggsmaskinkjører. Kavli var ett år foran meg i det nye fysikkstudiet på NTH der vi leste hardt, men snakket lite om det, mens vi festet en del og skrøt mye av det, som han har sagt.

Fred Kavli, til venstre, møter gamle teknisk fysikere ved NTNU i 2004, professor Svein Sigmond og rektor Eivind Hiis Hauge.

Straks etter diplomen der Kavli laget en magnetisk forsterker, dro han til Amerika med bare 300 dollar i lomma for å prøve lykken som ingeniør. Alt i 1958 startet han Kavlico i California for å lage sensorer for posisjon, trykk og annet til styring av fly, og komponentene måtte virke helt pålitelig under ekstreme forhold. Seinere gikk Kavlico inn i massemarkedet for sensorer til bilindustrien der kvalitetskravene også er veldig store i tillegg til priskravet. Kavli ble den personifiserte amerikanske drømmen av en industrileder med stor suksess. I mer enn 40 år fant han gode tekniske løsninger og tok ut mange patenter, og han var eneeier av firmaet som stadig vokste og alltid var svært lønnsomt. I år 2000 solgte han fabrikken for 340 millioner dollar, og seinere har han vært travelt opptatt med å dele ut pengene til fundamental vitenskap gjennom sin Kavli Foundation.

Kavliprisene viser hans store interesse for at vi skal få ny og grunnleggende kunnskap om hvordan universet henger sammen og hvordan det har utviklet seg, om hvordan verden med atomer, molekyler og celler er bygd opp av elementære byggesteiner, og om hvordan hjernen og nervesystemet vårt virker. I de siste årene har Fred Kavli gitt stor støtte til professorater og institutter i disse

fagområdene ved universitetene i Santa Barbara, Stanford, Chicago, MIT, Caltech, Cornell, Yale, Columbia og San Diego i USA, og Delft i Nederland (se FFV nr. 2, s 60, 2002). Siste års nobelprisvinner i fysikk, David Gross, leder Kavli-instituttet i Santa Barbara.

Kavli satser på å støtte verdens beste vitenskapsmenn i slike grunnleggende fag, og han gir dem frie hender til å velge sine forskningsoppgaver. Han venter ikke at deres vitenskap vil gi forretningsmessig profitt eller økt velferd i samfunnet på kort sikt, men at satsingen kanskje vil kunne føre til uventede og viktige oppdagelser som på lang sikt vil kunne være til stor nytte for menneskeheten. Slik synes jeg at han imponerer stort, ikke bare med sin industrielle suksess, men også med sin gjennomtenkte giverfilosofi. Arvinger kan gjerne få noen millioner, sier han, og er de dyktige, vil de kunne få de pengene til å yngle. Men dersom de ikke er noe tess, bør de ikke få arve mer i alle fall. Da er det bedre å støtte vitenskapen og dermed gjøre noe for verden gjennom den.

Ivar Svare

∞

Årets fysikkolympiade

Tradisjonen tro er uttakingen til årets fysikkolympiade avviklet og verdige vinnere kåret. I november 2004 deltok over 500 elever fra hele landet i første runde. De 60 beste fra denne prøven ble valgt ut til å være med på andre runde, som fant sted på skolene i februar, og de 19 beste herfra deltok på treningskurs ved Fysisk institutt, UiO, i uken 11-15. april 2005. Kurset ble som vanlig avsluttet med selve finaleprøven.

De fem som gjør det best i finalen får tilbud om å delta i den internasjonale fysikkolympiaden i Salamanca i Spania, i juli. Noen av finalistene prioriterer å delta i andre internasjonale realfagsolympiader eller kan av andre grunner ikke delta. Tilbudet går da til finalistene lenger nede på listen. Dermed har i år følgende finalister fått tilbud om å delta i den internasjonale fysikkolympiaden:

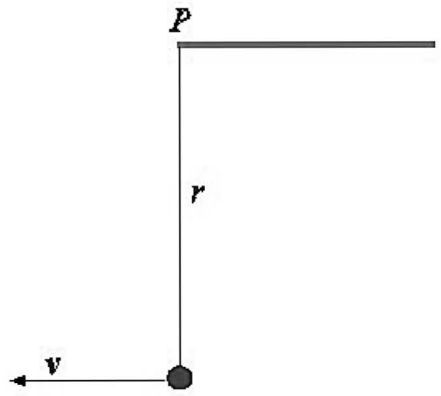
1. Pål Sævik Lode, Spjelkavik vgs., til OL
2. Jørgen Rennemo, Lillehammer vgs.
3. Henrik Sigstad, Lillehammer vgs.
4. Jørgen Trømborg, St. Hallvard vgs., til OL
5. Gabriel Dima, Berg vgs., til OL
6. **(delt)** Peter Gyring, Årdal vgs. til OL
6. **(delt)** Nina Holden, Berg vgs.
8. Bjarte Lofnes Hauge, Firda vgs.
9. Øystein Olsen, Porsgrunn vgs. til OL

Deltakelse i den internasjonale fysikkolympiaden er ett av en rekke tiltak for å stimulere skoleelever med interesse og anlegg for fysikk og realfag til å fortsette arbeidet med disse fagene. Den norske deltakelsen er støttet av Forskningsrådets formidlingsprogram.

Både nasjonalt og internasjonalt legges det stor vekt på verdien av faglig og sosialt samvær med jevnaldrende og likesinnede. På programmet for treningskurset ved Universitetet i Oslo, sto ikke bare passende doser forelesninger, laboratorieøvelser og oppgaveløsning, men også populærforedrag, sosiale tilstelninger, omvisning og samvær med fysikkstudentene. Finaleprøven bød, i år som ellers, på diverse utfordringer, og det var nok en ny opplevelse for mange av deltakerne å måtte melde pass på flere oppgaver! Her er en smakebit fra finaleprøven:

Oppgave 7: Sirkelbane og skrått kast

Et legeme henger i en masseløs snor fra enden av en stang slik figuren viser. Legemet gis en startfart v i horisontalretning mot venstre. Det vil så følge en sirkelbane opp til et punkt Q. Derfra er banen en parabel. Hvor stor må startfarten v være for at kula skal treffe opphengningspunktet P?



Herved sendes utfordringen videre til FFVs lesere.

Vi ønsker framtidens fysikere god tur til Salamanca!

Ellen K. Henriksen og Øyvind Guldahl

∞

Bokomtaler

Roger Penrose: The Road to Reality. A Complete Guide to the Laws of the Universe. J. Cape, 2004, (1094 sider, vekt 1,52 kg og tykkelse 68 mm).

Murstein som mangler målgruppe?

I 1996 anmeldte jeg to tidligere bøker av Penrose i FFV (nr. 4/96, s 125): *The Emperor's new Mind* (1991) og *Shadows of the Mind* (1994). Jeg var fascinert av denne krevende, men glitrende "populærvitenskap for folk med god fordøyelse, og gjerne doktorgrad", slik jeg uttrykte det den gang.

Penrose sier han har arbeidet i 10 år med etterfølgeren som kom i fjor. Jeg bestilte den i "hardcover" og tenkte det kunne være passende julelektyre. Hvilken feilvurdering! Jeg ble blek da jeg så de 1094 sidene, og enda blekere ble jeg etter å ha lest noen kapitler. Omslaget sier at "It assumes no particular specialist knowledge on the part of the reader". Min hatt! Faktum er at de første 16 kapitlene er ren matematikk, og slett ikke av det enkle slaget. Den første referansen til noe fysikk overhodet, kommer på side 383. Jeg var fristet til å gi opp, men beit tennene sammen i respekt for Fysikkåret 2005. Boka er derfor blitt med på vinterferie til Smukksjøseter, og på påskeferie til Strasbourg. Etter å ha kommet i mål, lurer jeg fortsatt på hvem som egentlig kan være i målgruppen for denne boka, kanskje matematikkprofessorer som trenger overblikk over forskningsfronten i fysikk, eller post-doc'er i teoretisk fysikk? Jeg er ingen av delene.

Nok om det. Penrose er likevel unik i å ville favne *alt* i denne boka – undertittelen lyver ikke. Han har en imponerende evne til å se helheten, og liker dessuten å distansere seg fra "mainstream" i forskningen når han føler at det er noe som ikke stemmer. Jeg skal ta opp noen hovedtema.

Termodynamikkens 2. lov og Det store smellet

Penrose bruker mye tid på Big Bang, Det store smellet, og på termodynamikken rundt det. Han kaller den 2. loven "mind-blowing", og minner om at den er tids-asymmetrisk i motsetning til all annen fysikk. Han viser hvor helt *usannsynlig velordnet* begynnelsestilstanden må ha vært all den stund entropien bare har økt og økt senere. Han peker på at Skaperen, hvis det fantes en slik, må ha fininnstilt en begynnelsestilstand som utgjør én del av $10^{10^{123}}$ av det tilgjengelige faserommet. Dette utgjør samtidig et problem for alle teorier om sykliske universer som veksler mellom ekspansjon og kollaps. Hvilken forhistorie skulle kunne bringe universet inn i en tilstand med så stor orden? Penrose beskriver samtidig entropien til svarte hull, og viser at de har *enormt stor uorden*, faktisk så stor at den alt overveiende delen av den samlede entropien i dagens univers, ligger i de svarte hullene som finnes i alle galakser.

Penrose tar livet av Schrödingers katt

Den store utfordringen for fysikken i det 21. århundre, er å forene gravitasjonen og kvantemekanikken. Penrose kretser rundt dette temaet både i de tidligere bøkene og i denne. Han er spesielt opptatt av paradokset rundt "kollaps av bølgefunksjonen" ved fysiske målinger. Han mener at dagens teorier er ufullstendige, og at paradokset vil forsvinne når gravitasjonen integreres i kvantemekanikken. Han introduserer begrepet "Objective Reduction" av bølgefunksjonen (OR) som ikke krever noen måling, men som inntreffer når *den gravitasjonelle egenenergien* (E_G) til de ko-eksisterende kvantemekaniske tilstandene blir for stor. For en katt vil dette være den ekstra gravitasjonsenergien som skyldes at man gravitasjonelt har atskilt 50 % død katt fra 50 % levende katt. Penrose antyder at tidskonstanten for at dette skjer, er: $T_G = h/E_G$.

For en materieklump på 10 μm, blir tidskonstanten omtrent ett tiendedels sekund. For en katt må den bli noe sånt som 10^{-25} s. Schrødingers katt kan derfor ikke være både levende og død særlig lenge! Penrose foreslår et eksperiment, treffende kalt Felix, som skal kunne måle denne effekten. Det involverer et bitte lite speil på størrelse 10 μm, og vil trolig kunne realiseres i løpet av noen år.

Strengteori og supersymmetri

Dette er populære elementer hos partikkelfysikerne som nettopp forsøker å forene alle fysikkens krefter, inklusive gravitasjon, i én teori. Penrose er kritisk til begge deler. Han påpeker at det strengt tatt ikke finnes noen eksperimentell verifikasjon for noen av delene. Supersymmetri forutsetter for eksempel at det finnes supersymmetriske "partnere" til alle kjente partikler, for eksempel et "selektron" som partner til elektronet. Men disse er aldri observert, kanskje fordi de er for tunge, eller kanskje fordi de

ikke finnes. Penrose tviler på nødvendigheten av strengteoriens 10 eller 11 dimensjoner i beskrivelsen av den fysiske virkeligheten. Han mener vi bør konsentrere det videre teoriarbeidet rundt det 4 dimensjonale rommet som fysikken har operert med siden Einsteins tid.

Er skjønnhet et kriterium for en god teori i fysikken?

I Newtons gravitasjonslov tiltrekker to masser hverandre med en kraft som er omvendt proporsjonal med avstanden i *nøyaktig* 2. potens. Dette gir i sin tur Keplers lover, som gjør at planetene beveger seg i ellipser rundt sola: Så elegant, så vakkert og så enkelt! Fysikere har til alle tider lett etter sammenhenger som er enkle og elegante. Ja, kanskje er skjønnhet og eleganse blitt et eget kriterium for en god fysisk teori? Penrose har sansen for dette, men han advarer likevel mot det. Til tross for at han egentlig er matematiker, holder han opp fingeren og maner: Teorien må forklare eksperimentene, basta! En vakker teori (supersymmetri?) som ikke gjør det, er over og ut.

Konklusjon

Vil jeg etter alt dette, anbefale boka til andre? Tja. La oss si det slik at min bølgefunksjon ikke har kollapset ennå når det gjelder dette spørsmålet.

Hugo Parr

∞

Ragnar Fjelland: Universet er ikke slik det synes å være. Filosofi og naturvitenskap i historisk perspektiv. Universitetsforlaget, 2004. ISBN 82-15-00583-7 (419 sider) 399 kr.

Universet og vi, slik forholdet var, er og blir

Kan vi si at objektene i verden har noen reell eksistens uten at de blir erkjent av noe subjekt? Hva mener vi egentlig med observasjon og observatør? Dette er vanskelige, men ikke håpløse spørsmål fra det grenseland der filosofi og fysikk møtes. Det er lett å akseptere at den verden som ligger til grunn for våre sanseerfaringer blir fordreid ved vår sansning. De vakre farger, de skjønne toner, den gode smaken, de liflige dufter og den ømme berøring finnes bare i vårt eget hode.

Det er verre å gå med på at influensasmerter og sår hoste skyldes egne tåpelige nervesignaler og vrangforestillinger om uutholdelige ytre omstendigheter. I en slik sørgelig tilstand er det godt å krype til køys med den mest herlige svarte samvittighet angående ugjort arbeid. Saft og mikstur, piller og pastiller gir tilværelsen lindring og livet ny mening mens en venter på bedre tider. Da er det gildt å være i godt selskap, og det var jeg der jeg ventet på nye hostekuler og nyseanfall. For jeg vet at god lesning beriker livet. Mitt selskap og nye bekjentskap var boka til Ragnar Fjelland: "Universet er ikke slik det synes å være".

Det jeg ønsker å få fortalt, er at denne boka er særdeles godt skrevet. En vanlig misforståelse er at filosofi må være tungt, tørt og mismodig. Her er framstillingen lettfattelig, fargerik og munter. Likevel er dette en tekst som får en til å tenke og maner til ettertanke. Jeg tror at det var lurt av Ragnar Fjelland å konsentrere seg om funderingene til noen få personer fra vitenskapshistorien i stedet for å gjøre et umulig forsøk på å få med seg enhver dypsindig tanke som er blitt tenkt.

Til gjengjeld er det de mest sentrale personligheter han tar for seg. Perioden til de gamle grekere (dette merkelige begrepet tyder på at befolkningen i Hellas på den tiden utelukkende bestod av pensjonister) konsentreres således om Platons (overdrevne?) vekt på den ideelle idé-verden og Aristoteles sin sans for å klassifisere naturens mangfold i forandring.

Så hopper Fjelland like fram den neste fruktbare perioden, nemlig renessansen. Det moderne munnsværet vil vel være å si at Fjelland foretar et kjempemessig kvantesprang. Begrepsforvirringen og kunnskapsmangelen som blottlegges i en slik uttrykksform er totalt avslørende, for et kvantesprang er en mikroskopisk og knapt merkbar, forandring. Når Fjelland velger bort nær to tusen år, så sier det kan hende noe om hvor interessante de emner egentlig er for ettertida som de tenkende europeere syslet med i den mellomliggende tidsbolken. En minnes en Sherlock Holmes som framholdt som viktig spor og kjensgjerning at en hund *ikke* gjødde.

Det er et lykkelig valg når Fjelland lar oss møte Kepler, Galilei, Descartes og Newton. For rett nok blir vi belært om innholdet av de fundamentale naturlover disse fant fram til, men her får vi også oppleve disse prinsippene i historisk og samfunnsmessig sammenheng. Jeg tror alle som befatter seg med teknikk og naturvitenskap, ville føle sin virksomhet som mer givende og meningsfylt med

den ballast som boka til Fjelland kan gi. Folk bør altså lære mer enn det som trengs for å mestre naturlovene i praktisk virksomhet. Naturvitenskap gikk en gang under navn av naturfilosofi. Det er en tradisjon å ta vare på. Boka burde være obligatorisk og poenggivende pensum for alle studenter der studiet har befatning med den spennende naturen.

Men den tillitsfulle som føler at naturlovene gir oss et trygt holdepunkt i tilværelsen, får jo en ordentlig kalddusj i møtet med de grundige filosofene John Locke og David Hume. Vi lærer at vi muligens har kunnskap, men ingen sikker viten. Den vi måtte ha, er ufullstendig. Naturlovene er ikke logisk nødvendige, men bygger bare på vår begrensede erfaring med fenomenene. Det er vi selv som konstruerer en sammenheng mellom to hendelser der den ene får navn av *årsak* mens den andre får hete *virkning.*

Jeg skal gjerne innrømme at jeg aldri har kunnet fordra filosofiske systemer som hevder en utidig sammenblanding av natur og moral, av *er* og *bør.* En skal være ganske bastant i troen på egen ufeilbarlighet, når en som en Immanuel Kant konsekvent hevder at sannheten er å foretrekke framfor løgnen, selv når den fører til sorg, ulykke og død. Men som skrevet står: "Det var synd for den verden, der, lik annet selvgjort, av Vårherre ble befunnet så inderlig velgjort".

I møtet med den såkalte moderne vitenskapen (den feirer nå hundreårsjubileum) blir det virkelig avsløret for leseren at mennesket alltid er underveis. Det som skjer når vi oppdager og kartlegger naturen og dens regelmessigheter, er faktisk en prosess der vegen blir til mens vi går. Relativitetsteorien forkaster vår oppfatning om at samtidighet er et begrep med absolutt innhold. I kvantemekanikken opptrer naturen i forskjellig forkledning alt etter hvordan tilskueren velger å betrakte den. Det gåtefulle er at det er prinsipielt umulig å forene de to framtredelsesformene til én skikkelse som er den egentlige, den virkelig bakenforliggende. Eksperimenter viser nådeløst at vi må godta at den mikroskopiske verden er så underlig. Men forstanden protesterer iherdig mot å akseptere en slik grunnleggende tvetydighet.

Det er ikke så vanskelig å være enig med Karl Popper om at teori ikke kan bevises, men at eksperiment kan vise at en teori må forkastes. Verre er det å gå med på den tese som Thomas Kuhn arvet fra Max Planck. Der hevdes det at en ny teori ikke avløser den gamle fordi den er mer elegant eller overbevisende. Nei, de som bedriver vitenskap er gamle stabeiser, som det ikke nytter å få til å godta ny lærdom som bestrider deres barnelærdom. Bare en ny generasjon av vitenskapsfolk som får den nye læren inn med morsmelka, greier å fordøye innholdet uten å få brekninger. Seieren er først fullstendig når de gamle er døde. Men historie er også vitenskap: "Evig eies kun det tapte".

Henning Knutsen

∞

Ulf Danielsson: Stjerner og epler som faller. J.W. Cappelens forlag, 2005, ISBN 82-02-24254-1 (303 sider) 349 kr.

Fysikk som fenger

Hvorfor er de som sysler med naturvitenskap, lidenskapelig opptatt av sitt fag? De bedriver ikke sitt virke fordi de vil ha et godt betalt arbeid med trygg inntekt. De er heller ikke særlig opptatt av tanken på å være til nytte for sitt samfunn og bedre levekårene for sine medmennesker. Naturvitenskapsfolk som holder på med grunnforskning, kunne i de fleste tilfelle fått meget bedre betalt om de arbeidet med tekniske problemstillinger for industrien.

Men disse forskerne er først og fremst nysgjerrige på finne fram til hvordan verden er "skrudd sammen" og fungerer. De nærer ikke noe inderlig ønske om å gjøre smarte oppfinnelser til glede for folket. Det er evnen til å undre seg, og den lykkefølelsen som følger med ny erkjennelse, som er den virkelige drivkraften. Grunnforskerne synes rett og slett at det de driver med er særdeles spennende og morsomt.

Likevel er det vanskelig å få meddelt begeistringen til unge begavelser som kan ta opp arven. En skal argumentere godt når en ønsker å forklare at det er verdt å tåle slit og savn. En forsker må ofte gi avkall på materiell belønning. Dertil krever læreprosessen før en når forskningsfronten en solid porsjon tålmod, strevsomt arbeid og trassig stahet. Men å vinne innsikt og å utvide sin horisont, gir tilværelsen meningsfylt innhold. Den virksomheten kreative forskere utfolder, er nært beslektet med den skapende aktiviteten kunsten fordrer. Det har stor betydning at talenter får hjertelig kontakt med likesinnede som føler en smittende kjærlighet til sitt fag.

Mange minnes en lærer som virket særdeles inspirerende. Denne skolemesterens innsikt, oversikt og glødende engasjement kunne bli avgjørende for valg av livsløp. Andre tok sin avgjørelse på grunnlag av møtet med det skrevne ord. Ei fabelaktig bok kan åpne for drøm, fantasi, vitebegjær og ønske om å se mer enn bare glimt av det forgjettede land.

Ei slik herlig bok foreligger nå i norsk språkdrakt. Den er skrevet av den svenske professoren Ulf Danielsson og bærer den merkverdige tittel *"Stjerner og epler som faller."* Cappelen forlag serverer her en riktig godbit, for dette er en benådet forfatter. Han behersker sin fysikk mesterlig der han vimser fram og tilbake, hit og dit på vegen fram gjennom historien fra de første, famlende skritt hos antikkens grekere til vår tids mest moderne, abstrakte teorikonstruksjoner.

Her møter vi Kopernikus, Brahe, Kepler og Galilei som nagler fast det verdensbilde som nå har bestått sin prøve. Her treffer vi Newton som slo fast at verden styres etter lover som er strengere enn dem som Moses bar ned fra berget. Her gjør vi bekjentskap med Einstein, og vi lærer at rom, tid, energi og tyngde er vevet sammen til en solid grunnstruktur for virkeligheten.

Fortellingen bobler av liv og latter når vi blir med på reisen inn i svarte hull og til steder der tida går baklengs. Forfatteren tar seg tid til å advare mot det sørgelige forfall i verden, det som heter varmelæras andre hovedsetning. Kanskje kan noen og enhver da innse at det faktisk er ganske håpløst å være forfengelig når selve den ganske verden er forgjengelig. Av og til tror jeg nok resonnementene muligens kan være vanskelige å følge og godta for den uinnvidde. Men det oppveies av forfatterens gode humør og underfundige evne til å vekke lyst til nærmere studier.

Danielsson henfaller aldri til snusfornuft, men forteller med et glimt i øyet om kvantemekanikkens merkverdige paradokser, der velkjente pusekatter egentlig er tvetydige kattebeist. Og hva plukker ikke denne livsglade Askeladden opp på sin veg? Her finner han stjernenes lyskilder. Der kommer han over naturens elementære byggesteiner. Endelig fabler han om de trådene og flettverkene i mange dimensjoner som vi ikke oppfatter, men som vi må fatte, om vi skal ha håp om å konstruere et konsistent fundament for kosmos.

Jeg er litt irritert over at skribenten stadig gidder å spandere trykksverte på å si fra at dette eller hint vil han fortelle mer om. Det er helt unødvendig, for vi lever hele tida i spenning når han viser oss "skrinet med det rare i". Det han avslører, er så visst inga skuffende kalverumpe. Det er den ganske verdens skjebne og endelikt som blir bebudet i trollspeilet han holder fram.

Derfor ble jeg forundret da denne forfatteren som virkelig kjenner sin kosmologi, gjorde den vanlige feilen å sette likhetstegn mellom romgeometri og tidsutvikling for universet. Slik slurv passer seg ikke for en forsker som meget godt vet at det tomme intet syder og koker av virtuell materie som stadig øker takten på ekspansjonen av universet.

Det er synd og skam at det ikke finnes skisser, tegninger og bilder i boka, for denne sprudlende og lettleste teksten ville da ha vært nær den perfekte popularisering. Men boka gir likevel mersmak og stimulerer leselysten.

Henning Knutsen

∞

Helge Kragh: Matter and Spirit in the Universe. Imperial College Press, 2004. ISBN 1-86094-485-X (heftet), (298 sider) $ 38,-.

Tro og viten om kosmos

Av og til støter en på bøker som er så spennende at en knapt greier å legge dem fra seg, men sluker dem i en skikkelig jafs. Likevel, en og annen sjelden gang kommer en borti bøker som er enda mer gripende. Da må ikke bare setningene være særs klare og velformede, men innholdet må være så uhyre interessant at det gir ny innsikt og maner til ettertanke. I så fall er det ikke så vanskelig å avbryte lesningen. Det blir mest som å prøve å styre sin lyst når en har en stor eske med delikat konfekt til rådighet. Det svarer seg å være noe sparsommelig, når opplevelsen er så givende.

Jeg har nettopp forlystet meg med en slik velsmakende godbit. Det er boka "Matter and Spirit in the Universe" av Helge Kragh, som er professor i vitenskapshistorie ved universet i Århus. Han har det vitenskapelige på trygg grunn, for fra før har han skrevet ei solid bok om utviklingen av kvantemekanikken og ei anna bok rik på detaljer om framgang og strid innenfor kosmologien. I denne nye boka tar han for seg forholdet mellom kosmologi og religion. Kosmologien ble aldri noen ordentlig vitenskap før Einstein kom fram til sine fundamentale feltlikninger for gravitasjon. Newtons teori for tyngdevirkning maktet ikke å behandle universet som helhet som et skikkelig system fritt for inkon-

sistens. Jeg synes at Kragh kunne tatt med noe om de kloke tankene til den kristne filosofen Augustin fra oldtiden. Mange av de dypsindige betraktningene han la fram, er fremdeles meget relevante for dette emnet.

Siden de ymse avarter av kristendommen har vært dominerende i den vestlige verden i ganske lang tid, er det særlig den kristne gudstroen som får en bred plass i teksten til Kragh. Men han er klar over at flere framtredende vitenskapsfolk har dype religiøse følelser som ikke er forenelige med den kristne tro. Det gjelder Einstein som beskrev seg selv som religiøs, men ikke trodde at noen personlig guddom bekymret seg om menneskenes ve og vel.

Kragh har et kapittel der han tar for seg den grunnleggende sammenhengen fra varmelæra som heter termodynamikkens 2. hovedsetning. Den forteller i grunnen at når verden blir overlatt til seg selv, vil det gå mot en total utjevning. Da melder spørsmålet seg om verden virkelig kan være til fra evighet av, siden et evig univers burde være fullstendig ensartet. Kan det være at en guddom stadig griper aktivt inn og skaper ny orden i det universelle rotet? Eller samsvarer universet med ideen om at verden bare har bestått en viss begrenset tid? Kosmos er da å likne med ei opptrukket klokke, og nå rinner tida ut. Dette er etter min mening virkelig det største mysterium, for det forklarer at tida eksisterer. Tida identifiseres med den fysiske forandringen, men aner vi den opprinnelige urmaker som startet det universelle urverket?

Det er en viss harmoni mellom disse perspektivene og det gudsbegrep som hevder at guddommen ikke er av den materielle verden med rom og tid. Gud står da helt utenfor universet og eksisterer ikke i tida. Universet sitt innhold og historie er nærmest å likne med en film med mange bilder som følger etter hverandre. Men den som laget filmen, er ikke å finne på bildene.

Universet utvider seg. Dette mystiske fenomenet representerer uten tvil den største astronomiske oppdagelsen i det 20. århundre. Einstein kunne ha lest dette ut av teorien sin før astronomene tolket seg fram til det fra observasjonene de foretok med de mest skarpsynte kikkerter. Men Einstein greidde ikke å akseptere den revolusjonære tanken. Det ble den belgiske presten Lemaître som la fram den kosmologiske modellen som nå er den mest aktuelle. Han tok med et ledd i likningene som nå tolkes som vakuumenergi. Lemaître var selv begeistret for en modell der universet først var et statisk og altomfattende uratom som var underlagt kvantemekanikkens lover om tilfeldighet. Dermed behøvde han ikke angi noen årsak til at dette opprinnelige uratomet ble sprengt og ga opphav til den ganske verden.

Lemaître passet seg vel for å hevde at denne opphavelige eksplosjonen var ensbetydende med universets skapelse. Han mente bestemt at religion handlet om sjelelære, ikke om himmelens stjerner. Det må jo være ganske farlig å tufte sin dypeste religiøse overbevisning på nyvinninger og moteretninger innenfor naturvitenskapen. Denne forskningen er hele tida under revisjon, og den er på veg mot ukjent mål.

Kragh får fram at forskjellige vitenskapsfolk har hatt så ymse religiøse holdninger uten at forskningen deres har tjent på eller tatt skade av deres livssyn eller mangel på tro. Noen er de mest bastante og oppriktige ateister, mens andre er mer beskjedne og forsiktige agnostikere. De fleste synes at verden er grunnleggende underlig. Mange føler at de kan forsone seg med kristendommens grunnleggende undre. Selv mener vi at det knapt er passende for vesener med begrenset intellekt å gi kjennemerker til det mystiske og ufattelige som ligger til grunn for selve universets eksistens og lovmessighet.

Henning Knutsen

∞

Bruce Buckley, Edward J. Hopkins, Richard Whitaker: Været. En visuell guide til meteorologi. Gyldendal, 2005. ISBN 82-0533209-6 (301 sider) 349 kr.

Vær må det være

Alle prater om været, men ingen gjør noe med det, hvis vi da ikke skal si at likegyldig holdning til farlig miljøødeleggelse bør betraktes som kriminell handling. På bygda sier de: "Det er låk fugl som skiter i eget reir". Min gamle lærer Øyvind Askheim, forklarte den oppvoksende slekt at det slett ikke er dumt å prate om været. Det vitner heller ikke om manglende samtaleemne, for været har avgjørende betydning for avling og levekår.

Gyldendal har nå gitt ut ei praktbok med tittel: "Været. En visuell guide til meteorologi." Her blir uhorvelig mange aspekter ved værfenomener fram-

stilt og drøftet. De tre forfatterne Bruce Buckley, Edward J. Hopkins og Richard Whitaker, tar for seg hva som gir oss godvær og uvær, skildrer storm og stille, følger meteorologene i arbeid, og forteller om skiftende forhold på vår klode i de milliarder av år den har kretset rundt Sola.

Jeg ønsker øyeblikkelig å meddele at dette er ei ypperlig gavebok. Det var meget kjekt å repetere noe av den naturvitenskapelige geografi fra folkeskole og realskole. Her vrimler det av lettfattelige skisser som forklarer naturkrefter som utfolder seg til glede eller ulykke. En sier seg enig med Henri Poincaré når han hevder: "Vitenskapsmannen studerer ikke naturen fordi det er nyttig. Han studerer den fordi han har glede av den, og han har glede av den fordi den er vakker."

Her er så mange vidunderlige fotografier av naturmotiver at en nærmest føler seg høytidsstemt. Særlig vil jeg framheve de storslagne bildene av skyformasjoner og klimasoner. Det levnes ingen tvil om at naturen selv er den største kunstner. Jeg vil nesten påstå at et slikt betagende skue må være noe av grunnlaget for religiøse følelser. Det kan derfor ikke bare være frykt for det ukjente som skapte gudene. Den mektige følelsen av stillhet, fred og andakt i møtet med et slikt panorama, må nettopp inngi opplevelsen av å bli ett med naturen.

Selvsagt får en ikke samme overveldende opplevelse av å titte på bilder i ei bok som av å delta når naturen folder seg ut i all sin prakt. Men det forringer ikke livet og mysteriet at en har kunnskap om det som skjuler seg bak de umiddelbare sanseopplevelser. Lyn og torden er farlige og skremmende, selv om Tor nok ikke kjører tur med bukkene over himmelen og slår med hammeren Mjølner. I denne forbindelse savner jeg faktisk en mer detaljert forklaring på hva som gir elektrisk ladningsseparasjon i uværskyene.

Jeg må også framheve de nydelige bildene med forklaring av vann i alle former og faser. Når en ser på gjengivelsene av fuktige, truende og regntunge skyer, kjenner en ubehaget rett inn i sjela og beinmargen, og en holder med forfatterne i at dette kan være godt vær å være inne i.

Jeg synes snø og iskrystaller er noe sparsomt beskrevet, og som norsk nordmann fra Norge, savner jeg en omtale av arbeidet til værmannen Vilhelm Bjerknes. Den matematiske teorien som han grunnla, løftet værvarslingen til solid vitenskap. Josef måtte nøye seg med å tyde drømmene til Farao for å spå om fruktbare år med rike avlinger avløst av år med tørke og hungersnød. Nå har forskerne kunnskap som forteller hva slags forhold vi kan vente oss på lengre sikt.

Litt forundret er jeg likevel over at forfatterne ikke sier klart fra at de ikke-lineære likningene for værforholdene er såkalte kaoslikninger. Disse er særdeles avhengige av nøyaktig viten om trykk, temperatur, vindhastighet etc. ved et tidspunkt for å gi eksakt informasjon om forventet vær. Om en tar ørlite andre startbetingelser, kan været bli totalt forskjellig. Derfor vil en aldri makte å fortelle presist om kommende vær for mer en ei ukes tid framover.

Til gjengjeld synes jeg forfatterne gjerne kunne sløyfet de fattige fire sidene om været på andre planeter og måner i solsystemet. Ordet sublimasjon er heller ikke riktig brukt. Forfatterne sier klart fra om hvor tynn den livsviktige atmosfæren er sammenliknet med størrelsen på jordkloden. Da fatter en at dette laget av gass og skyer kan være sårbart for menneskelig virksomhet; og vi tror så gjerne at det vil gå galt med denne manneætta en vakker dag. Men det kan nok skje i styggvær og, det.

Henning Knutsen

∞

Om eksperiment og teori

It is also a good rule not to put too much confidence in experimental results until they have been confirmed by theory.

Sir Arthur Eddington

∞

Om kvantefysikk

If anybody says he can think about quantum problems without getting giddy, that only shows he has not understood the first thing about them.

Niels Bohr

∞

Om vitenskap

Science is always wrong. It never solves a problem without creating ten more.

George Bernhard Shaw

∞

Nye Doktorer

Jørgen Akselvoll

Siv.ing. Jørgen Akselvoll forsvarte 19. januar i år avhandlinga *Interactions of microparticles dispersed in a ferrofluid* for dr.scient.-graden ved UiO.

Partiklar med storleik på mikro- og nanometerskala har fått mange bruksområde, m.a. innan medisinsk teknologi. Det er derfor viktig å kunne forstå korleis slike partiklar oppfører seg i eit magnetfelt.

I dette arbeidet er eit system av umagnetiske ugelstadkuler i ei magnetisk væske, eit ferrofluid, blitt studert. Væska vert halden i eit tynt lag mellom to parallelle, horisontale glasplater. Når dette systemet vert utsett for eit magnetfelt, vert væska magnetisert. Kulene oppfører seg då som om dei hadde same dipolmomentet som væskevolumet dei fortrengjer, men i motsett retning. I eit slikt system er det tidlegare observert stabile avstandar mellom kuler i eit felt med ein raskt roterande horisontal komponent og ein konstant normalkomponent. Avstandane kan justerast ved å justere storleiken til feltkomponentane. Dette fenomenet kan ikkje forklarast dersom feltet rundt kvar kule er eit reint dipolfelt. Nye utrekningar har vist at ein likevel kan finne svaret ved å rekne ut korleis grenseflatene mellom glasplater og ferrofluid endrar feltet i prøva. I avhandlinga blir det vist at eksperimentelle data stemmer godt med desse utrekningane. Ein ny metode for å måle viskositeten til ei væske, er også prøvd ut. Ved å studere rørslene til kulene i eit varierande magnetfelt kan ein rekne ut viskositeten.

Arbeidet er finansiert av Noregs forskingsråd og er i hovudsak utført ved Institutt for energiteknikk på Kjeller, med Arne T. Skjeltorp og Geir Helgesen som rettleiarar.

∞

Torkel Bjarte-Larsson

Siv.ing. Torkel Bjarte-Larsson forsvarte 17. mars 2005 avhandlingen *En undersøkelse av fasestyrbare bølgekraftverk som utnytter vertikalt svingende flottør eller bøye til å pumpe vann*, for graden dr.ing. ved NTNU.

I avhandlingen er det undersøkt modeller av to typer bølgekraftverk: Et strandlokalisert kraftverk som bruker en svingende vannsøyle i kombinasjon med en flottør, og et flytende kraftverk som kan plasseres i åpent hav. Når innkommende bølger har en frekvens som er omlag halvparten av kraftverkets egen naturlige svingefrekvens, demonstrerer eksperimentene at energiopptaket fra bølgene og produksjonen av nytteenergi kan dobles ved at kraftverkets svingebevegelse styres. Avhandlingen inneholder også bestemmelse av parametre som karakteriserer bølgekraftverkene.

Torkel Bjarte-Larsson tok sivilingeniøreksamen ved Institutt for fysikk, NTNU i 2000. Doktorarbeidet er utført ved Institutt ved fysikk, NTNU, med professor Johannes Falnes som veileder. Arbeidet er finansiert av Norges forskningsrd og Institutt for fysikk, NTNU.

∞

Marie Bueie Holstad

Cand.scient. Marie Bueie Holstad forsvarte 17. desember 2004 avhandlingen *Gamma-ray scatter methods applied to industrial measurement systems* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Bergen.

Målet med Holstads forskning har vært å utvikle bedre målemetoder for olje- og prosessindustrien basert på spredt gammastråling. Hun har utviklet en metode hvor høyenergetisk gammastråling (> 1 MeV) ved å bli spredt flere ganger kan brukes til å beregne tetthetsprofiler i prosesser som er skjulte bak tykke stålvegger. En annen del av Holstads arbeid har gått ut på å måle spredt og transmittert lavenergetisk gammastråling (< 100 keV). Dette er to uavhengige målinger som gjør det mulig å trekke ut mer informasjon om prosessene som studeres. Generering av comptonspredt gammastråling er kun avhengig av mediets elektrontetthet, mens transmisjon også avhenger av fotoelektrisk absorpsjon og dermed av mediets atomære komposisjon. Denne metoden er bl.a. brukt til å karakterisere produsert vann fra olje- og gassbrønner. Dette gjøres ved å detektere endringer i saltinnhold og salttype i det produserte vannet. En av de største utfordringene i Holstads forskning har vært å utvikle gode modeller for spredt stråling som kan brukes i selve målefunksjonen. Dette har gjort det nødvendig med grunnleggende studier av spredning av gammastråling med omfattende eksperimenter.

Doktorgradsarbeidet er utført ved Institutt for fysikk og teknologi ved UiB i samarbeid med Tracerco og Christian Michelsen Research. Marie Bueie Holstad har arbeidet i perioder hos utviklingsavdelingen til Tracerco i Billingham, England. Veileder har vært professor Geir Anton Johansen. Holstad er nå ansatt som utviklingsforsker i Tracerco Norge.

∞

Kai de Lange Kristiansen

Cand.scient. Kai de Lange Kristiansen forsvarte 17. januar 2005 avhandlingen *Complex dynamics and static structures in interconnected particle systems* for dr.scient.-graden ved Universitetet i Oslo (UiO).

Dette arbeidet er innenfor myke kondenserte materialers fysikk, og omhandler effekten av oppløste partikler i væsker. Konsentrasjonen av oppløste partikler bestemmer i stor grad væskenes egenskaper. I væsker med lav konsentrasjon, blir spesielt rotasjonsviskositeten endret. Et eksempel er magnetiske væsker som kan brukes for å stabilisere disker som CD/DVD når de roterer. I doktorgradsarbeidet er det påvist spesielle bevegelsesmønstre i magnetiske væsker. Dette vil få betyding for en teoretisk beskrivelse av rotasjonsviskositeten i disse væskene. Ved høye konsentrasjoner er strukturen av tettpakkede partikler viktig for en rekke formål. Ett eksempel er forståelsen av væskestrøm i porøse medier som strømning i oljeforekomster under Nordsjøen. de Lange Kristiansen har vært med på å utvikle et modellverktøy for slike systemer. Det er funnet god overensstemmelse mellom modellering og eksperimenter.

Kai de Lange Kristiansen har vært doktorgradsstipendiat med støtte fra UiO og Norges forskningsråd med professor Arne T. Skjeltorp og seniorforsker Geir Helgesen som veiledere. Arbeidet er utført ved Fysisk institutt, UiO, Institutt for energiteknikk, Kjeller, Van 't Hoff Laboratoriet for fysikalsk- og kolloidkjemi ved Universitetet i Utrecht, Nederland, og Institutt for fysikk og astronomi ved University of Georgia, Athens, USA. Han er nå post-doc. ved UiO, og skal ha et opphold ved University of California, Santa Barbara.

∞

Jørgen Andre Lien

Cand.scient. Jørgen Andre Lien forsvarte 20. desember 2004 avhandlingen *The Readout Control Unit of the ALICE TPC*, for dr.scient.- graden ved Universitetet i Bergen.

Avhandlingen omfatter utvikling av et kontrollkort for utlesning av data og styring av utlesningselektronikken i tidsprojeksjonskammeret og andre detektorer i ALICE-eksperimentet, som er under bygging knyttet til LHC-akseleratoren på CERN.

I ALICE-eksperimentet vil en studere kjernekollisjoner ved særskilt høye energier for å se hvordan elementærmaterie oppfører seg under ekstrem tetthet og temperatur. I hver kollisjon vil det produseres flere tusen partikler som alle vil gi en rekke målepunkter i forskjellige detektorsystemer. Totalt vil det produseres en rådatarate på over 50 GB/s. For å håndtere disse store datamengdene, er det utviklet ny utlesingselektronikk som behandler dataene mens de samles inn, og før de blir lagret for senere analyse. Dermed reduseres datavolumet.

Jørgen Andre Lien har vært doktorgradsstipendiat ved Høgskolen i Bergen, Avdeling for ingeniørutdanning, i perioden 2000 til 2004. Doktorgradsarbeidet er utført i samarbeid med Institutt for fysikk og teknologi ved UiB. Veiledere har vært professor Håvard Helstrup og førsteamanuensis Kjetil Ullaland.

Gjennom Liens doktorgradsarbeid er det etablert et fruktbart samarbeid mellom gruppene for elektro og data på Høgskolen i Bergen, og gruppene i kjernefysikk og mikroelektronikk ved UiB. Dette samarbeidet er nå videreført gjennom engasjement av en ny stipendiat med tilsvarende oppgaver.

∞

Lise Lyngsnes Randeberg

Siv.ing. Lise Lyngsnes Randeberg forsvarte 2. juni avhandlingen *Diagnostic applications of diffuse reflectance spectroscopy* for graden dr.ing. ved NTNU.

Medisinsk diagnostikk basert på lys er temaet i dette doktorarbeidet hvor det er brukt refleksjonsspektroskopi til bl.a. å studere hudforandringer på grunn av lysbehandling hos nyfødte med gulsott, til å se på hvordan et fødselsmerke responderer på laserbehandling, og til å bestemme alderen til et blåmerke i rettsmedisinsk sammenheng. Refleksjonsspektroskopi er en teknikk hvor lys sendes inn mot et objekt og refleksen fra objektet måles. Ved å analysere denne refleksen kan man for eksempel få informasjon om hvor mye blod som finnes i huden til en person.

Bakgrunnen for arbeidet har vært et ønske om ny kunnskap om hvordan lys påvirker vev og annet biologisk materiale, og behovet for objektive målemetoder til å kvantifisere synlige endringer i hud og annet vev. En bedre forståelse av hvordan laserlys påvirker vevet under behandling av fødselsmerker, vil kunne bidra til å hjelpe flere pasienter gjennom utvikling av nye behandlingsopplegg basert på den nye kunnskapen. En objektiv metode for å datere blåmerker med god nøyaktighet vil også være et nyttig redskap i rettsmedisin.

Arbeidet med avhandlingen er utført ved Institutt for elektronikk og telekommunikasjon, NTNU, med professor Lars Othar Svaasand som veileder. Arbeidet er finansiert av NTNU. Lise Lyngsnes Randeberg er nå ansatt som stipendiat ved Institutt for elektronikk og telekommunikasjon, NTNU.

∞

Trim i FFV

FFVT 2/05

Frøken Jeger på jakt

En klubb for enslige er fordelt på to selskaper. Frøken Jeger er nylig innmeldt og vil gjerne stifte bekjentskap med en utadvendt mann. Hun kjenner ingen i klubben, og i skatalogen er det ingen bilder. Men hun kan lese om medlemmenes egenskaper der og prøver på den måten å finne synlige tegn som kan lede henne til en utadvendt partner. Hun fester seg ved om mennene har skjegg eller ikke.

I det ene selskapet skal det være 18 herrer, 11 med skjegg og 7 uten. Av de med skjegg, er 5 utadvendte, men bare 3 av de glatte er utadvendte. Hvis frøken Jeger velger en mann med skjegg, blir sjansen for heldig fangst $5/11 = 0,45$, mens den blir bare $3/7 = 0,43$ hvis hun velger en glattbarbert.

I det andre selskapet skal det være 23 herrer, 9 med skjegg og 14 uten. Av de med skjegg, er 6 utadvendte, mens 9 av de andre er utadvendte. Hvis frøken Jeger der velger en skjeggete mann, blir sjansen for heldig fangst $6/9 = 0,67$, mens den blir $9/14 = 0,64$ hvis hun velger en glattbarbert.

Ved sammenkomsten blir de to selskapene slått sammen. Frøken Jeger tror likevel det burde være tryggest å satse på en skjeggete mann, siden det ville gi størst sjanse for å finne en utadvendt i begge de to separate selskapene. Men for sikkerhets skyld kontrollregner hun sannsynlighetene.

I det sammenslåtte selskapet blir det 41 herrer, 20 med skjegg og 21 uten. Av de med skjegg, er 11 utadvendte, mens 12 av de andre er utadvendte. Ved valg av en mann med skjegg blir sjansen for heldig fangst nå $11/20 = 0,55$, mens den blir *større* hvis hun velger en glattbarbert, nemlig $12/21 = 0,57$. Hvordan kan dette henge sammen?

Løsning FFVT 1/05

Potetkoking

Vi skulle koke en potet i 30 minutter og hadde bare to timeglass til å ta tiden med. Det ene brukte 14 min på å tømme seg, og det andre brukte 22 min.

Vi starter begge timeglassene når poteten legges i kokende vann. Når 14-min glasset er tomt, snur vi det så det starter på nytt. Når 22-min glasset er tomt, snur vi 14-min glasset igjen. Etter 8 min er dette timeglasset igjen tomt, og det er gått 30 minutter siden vi startet kokingen.

∞

Nytt fra NFS

FYSIKERMØTET 2005

Generell informasjon om fysikermøtet finnes på Internett *http://www.ift.uib.no/fymo05/*

Årsmøtet i NFS

Innkalling til årsmøte i Norsk Fysisk Selskap 2005. NFS har årsmøte på Rica Brakanes Hotel, Ulvik i Hardanger, 13.08.2005, kl 09.45.

Foreløpig saksliste:

1. Godkjenning av innkalling og saksliste
2. Valg av ordstyrer og referent
3. Årsmelding 2004/2005
4. Aktuelle saker og prosjekter i NFS
5. Regnskap og budsjett for NFS, NFL og FFV 2004
6. Fullmakt for (det lille) Fysikermøtet i 2006 til å revidere regnskap/budsjett og å godkjenne årsmelding
7. Rapport om valg i faggruppene
8. Valg (alle for 2 år):
   - **a)** President
   - **b)** Visepresident
   - **c)** Varamedlem
   - **d)** Revisor med vararepresentant for NFS
   - **e)** Revisor for FFV
   - **f)** 3 medlemmer til valgkomité

Eventuelle andre saker må meldes inn innen 15. juli. Årsmelding og resterende sakspapirer vil ikke bli sendt til medlemmene, men blir lagt ut på NFS' hjemmesider.

Styret

∞

Nye medlemmer 26. april 2005

Gjertrud Maurstad
Bjørn Stallaresgt. 8c, 7042 Trondheim

Ola Rustad
Steingt. 1, 3257 Larvik

Vidar Spord
Bekkeveien 9, 5096 Bergen

∞

B-BLAD

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

Retningslinjer for forfattere

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Anne Borg
Institutt for fysikk, NTNU
e-post: anne.borg@phys.ntnu.no

Visepresident:
Professor Gunnar Løvhøiden
Fysisk institutt, UiO.
e-post: gunnar.lovhoiden@fys.uio.no

Styremedlemmer:
Professor Gaute Einevoll
Inst. for matem. realfag og teknologi, NLH.
Professor Ruth Esser
Inst. for fysikk, UiTø.
Professor Jon Otto Fossum
Inst. for fysikk, NTNU.
Professor Ulf Kristiansen
Inst. for elektronikk og telekom., NTNU.
Førsteaman. Jon Samseth
Høgskolen i Akershus.
Professor Jan S. Vaagen
Inst. for fysikk og teknologi, UiB.
Lektor Eimund Aamot
Levanger vgs.

Selskapets sekretær:
Stip. Henning Frydenlund Hansen
Institutt for fysikk, NTNU,
Høgskoleringen 5, 7491 Trondheim.
Tlf.: 73 59 07 26, Fax.: 73 59 77 10
e-post: henning.hansen@phys.ntnu.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

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

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

Redaksjonskomité:
Førsteaman. Åshild Fredriksen
Inst. for fysikk, UiTø.
Professor Per Osland
Inst. for fysikk og teknologi, UiB.
Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU.
Førstelektor Ellen K. Henriksen,
Fysisk inst., UiO.

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