

Nr. 3 – 2009
71. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

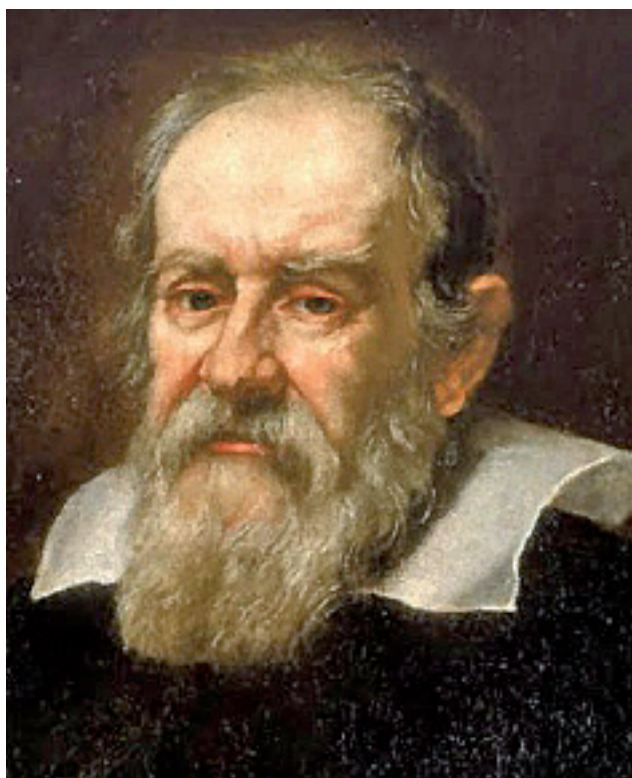
Redaktører:
Øystein Elgarøy
Øyvind Grøn

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Øyvind Grøn:	
Vårt verdensbilde	73
Øyvind Grøn:	
Planeter utenfor solsystemet ...	76
Yngve Hopstad	
Drakeligningens betydning	79
Henning Knutsen	
Sir Arthur Stanley Eddington	85
Fra Redaktørene	70
FFV Gratulerer	70
Sverre Grimnes	
In Memoriam	72
Rolf Brahde	
Fra Fysikkens Historie	90
Aleksandr Friedmann	
Fysikknytt	92
Data fra Planck-observatoriet	
Grunnstoff nr. 112, copernicium?	
Hva skjer	94
Fysikkolympiaden 2009	
Bokomtaler	95
Helge Kragh: Entropic Creation	
Bjørn Gjevik: Flo og fjære	
Nye Doktorer	97
PhD Heidi Hindberg	
Nytt fra NFS	98
Nye medlemmer	
Fysikermøtet 2009	
Trim i FFV	99

Fra Fysikkens Verden



Galileo Galilei (1564 – 1642)
var den første som observerte astronomiske objekter med teleskop.
(Se artikler om astronomi)

Fra Redaktørene

Fra Fysikkens Verden ønsker å være med å markere det internasjonale astronomiåret. Grensen mellom astronomi og fysikk er en grense mellom fagområder i nært samarbeid. Helt siden Galilei rettet kikkerten mot himmelen for 400 år siden har astronomene brukt sin fysikkkompetanse til å forstå det de har observert. Mange matematikere og fysikere har også gitt viktige bidrag til astronomiens utvikling. Newton skapte det første dynamiske verdensbildet der planetenes bevegelser, beskrevet i Keplers lover, kunne forstås som et resultat av gravitasjonskraften fra sola på planetene. En av det 20. århundrets store britiske personligheter var Sir Arthur Stanley Eddington. Han bidro til den første bekreftelsen av at stjerner avbøyer lys slik Einsteins relativitetsteori sier, og han var en av de viktigste bidragsyterne på begynnelsen av 1900-tallet til teorien for stjernenes indre dynamikk.

Einstein konstruerte allerede i 1917 den første universmodellen basert på den generelle relativitets teorien. Den var statisk siden forstillingen om et univers som ekspanderer ikke hadde sett dagens lys den gang. Men allerede i 1922 konstruerte russeren Alexandr Friedmann ekspanderende universmodeller som løsninger av likningene i relativitetsteorien. I 1927 fulgte den belgiske pateren og fysikeren Georges Lemaître opp med å konstruere Big Bang-modeller for universet, to år før den amerikanske astronomen Edwin Hubble på grunnlag av observasjoner annonserte at universet utvider seg.

I 1948 forutsa George Gamow og medarbeidere at prosesser like etter Big Bang produserte en kosmisk stråling som burde kunne observeres i mikrobølgeområdet av spektret. I 1965 oppdaget Penzias og Wilson denne strålingen. De siste årene har astronomene greid å observere temperaturvariasjoner i denne strålingen med stor nøyaktighet. Strålingen viser hvordan universet var da det ble gjennompekt omtrent 400 000 år etter Big Bang og inneholder en mengde informasjon om universets egenskaper. Dess mer nøyaktig man greier å observere temperaturvariasjonene, jo mer kan vi få vite om universet.

I 1995 ble de første planetene i bane rundt stjerner av samme type som sola funnet. Nå er det oppdaget over 350 såkalte eksoplaneter, og ved hjelp av observasjoner gjort med Hubble-romteleskopet er

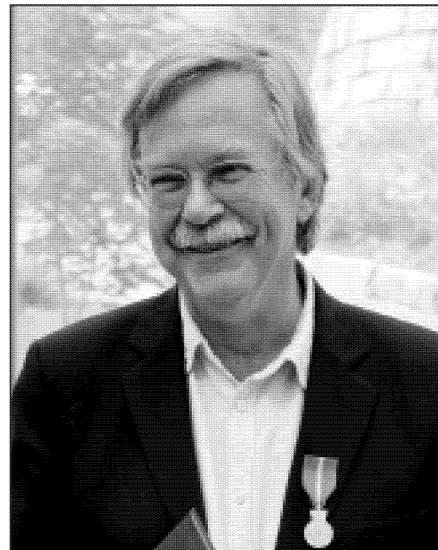
det sannsynliggjort at det eksisterer flere milliarder planeter bare i vår galakse, Melkeveien. Men om det er liv på noen av disse planetene, vet vi ennå ikke. Vi vet heller ikke om det er liv noe annet sted i sol-systemet enn på jorda. NASA bruker milliarder av dollar i håp om å oppdage liv utenfor jorda. Dette er et stort forskningsprogram med mange aspekter. Mye av programmet er summert opp i den såkalte Drakelikningen som dreier seg om å estimere antall høyteknologiske sivilisasjoner i Melkeveien.

I astronomiåret har formidling av kunnskap om universet og av nye astronomiske resultater, en stor plass. I denne sammenhengen ønsker vi å fremheve innsatsen til redaktøren av medlemsbladet "Astronomi" for Norsk Astronomisk Selskap, Trond Egil Hillestad. Han har utviklet bladet slik at det nå fremtrer som det kanskje fineste norske populærvitenskapelige tidsskriftet innenfor naturvitenskap.

∞

FFV Gratulerer

Sverre Grimnes 70 år



Professor Sverre Grimnes fylte 70 år 18. februar. Men med hans vitalitet og aktivitetsnivå regner vi med at det er lenge til han går over i noen rolig pensjonisttilværelse. Og det er vi på Fysisk institutt, UiO, og på Medisinsk-teknisk avdeling på Rikshospitalet glade for. Vi vet jo at han kommer til å bruke mer tid på sine mange andre interesser, som

cellospill, historie, språk, fjellturer og frankofil virksomhet, men vi ser heldigvis ingen tegn til noen sterk reduksjon i forskningsaktiviteten hans.

Sverre Grimnes er opprinnelig sivilingeniør i svakstrøm fra NTH, og tok sin diplomoppgave høsten 1963 på telemetrisk måling av elektriske signaler (EKG) fra fiskehjerter. I 1964 begynte han på SI (nå SINTEF) med utvikling av elektrokjemisk og medisinsk instrumentering. Av SI ble han innstilt til et fransk statsstipend og var et år i Paris under professor Israel Epelboin, pioneren som introduserte impedansmålinger i elektrokjemi. Grimnes konstruerte og bygget et apparat som samtidig målte impedans, polarogram og elektrokapillarkurve for en dryppende kvikksølvelektrode.

Frankrikeoppholdet ledet Grimnes over til noen års ansettelse på elektronikkverkstedet på Kjemisk institutt ved UiO, og i 1973 fikk han en stilling på Rikshospitalet ved en nyopprettet avdeling for medisinsk teknikk. Det var da det begynte for alvor.

Utgangspunktet var elektrisk sikkerhet. Det var blitt vanlig at flere apparater var tilkopleet en pasient, og disse apparatene kunne utveksle farlige jordingstrømmer gjennom pasienten. Over hele verden ble elektromedisinske apparater etter hvert konstruert på nye måter, og jordingssystemene på operasjonsstuene ble lagt om. Grimnes sine forskningsprosjekter bar preg av denne situasjonen.

Grimnes fant at når tørr hud glir på en elektrisk leder vil en strøm $< 1 \mu\text{A}$ 50 Hz kunne føles som en vibrasjon i huden. Dette er 1000 ganger lavere enn den følegrensen som litteraturen da anga. Tørr hud kan tåle så mye som 600 V DC i noen få sekunder. Strømfordelingen gjennom huden er ikke uniform, men gjennom små høykonduktive punkter og endringer i hudens konduktans kan utløses av psykiske stimuli. En tredje referanselektrode med tilhørende elektrisk krets, kan gjøre det mulig å måle samtidig på to forskjellige steder på kroppen.

Basert på disse undersøkelsene leverte Grimnes i 1983 inn sitt doktorarbeid på hudens elektriske egenskaper og ble snart etter tilsatt som professor i bistilling ved Fysisk institutt, UiO. Han syntes det største godet han fikk var forskningsfriheten, at han selv kunne bestemme hva han ville forske på innenfor instituttets aktivitetsområde. Med den kontakten som også ble bygget opp mellom Medisinsk-teknisk avdeling og klinikkene på Rikshospitalet var det naturlig at kunnskap om fysikk og måleteknikk kom til anvendelse i pasientorienterte, kliniske problemstillinger. Ved å sende en liten følestrøm ut fra en nålespiss og ta opp et impedansspektrum må det

være mulig å si noe om hva slags vev spissen står i. Ved å måle hudens AC-susceptans selektivt må vi kunne si noe om fuktighetsgraden i hudens øverste lag uforstyrret av svettekanalenes fylningsgrad. Måler vi hudens AC konduktans selektivt, må vi kunne si noe om personens svetteaktivitet.

Grimnes er opptatt av det han kaller "håndens intelligens". Håndens intelligens har helt andre seter i vår hjerne enn den teoretiske intelligens. Derfor kreves det en annen opplæring for manuelle ferdigheter enn for teoretiske kunnskaper. Det glemmer vårt utdanningssystem stadig. Håndverkerlaugene må igjen komme i fokus. Det blir ikke lett, mener Grimnes.

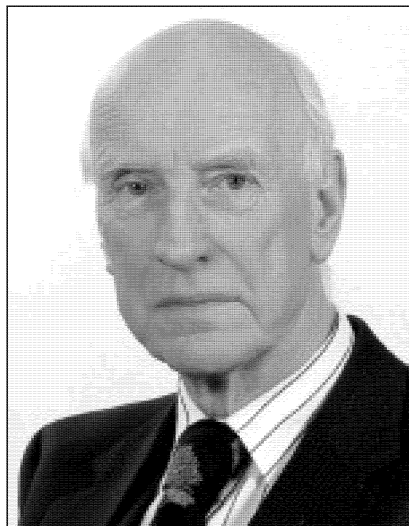
Grimnes har hatt rundt 50 hovedfagstudenter og 10 doktorstudenter. Jeg var selv blant hans første studenter og husker ham som en svært god veileder. Han er veldig kunnskapsrik, også langt utenfor sine spesialområder, og har en jovial måte å være på som gjør at man aldri er redd for å stille "dumme" spørsmål. Grimnes er et oppkomme av ideer og kreativitet og kommer stadig med nye tanker og forslag til små og store eksperimenter, enten det er et halvt år eller en uke til en skal levere masteravhandlingen. En må selv sette strek! Denne kreativiteten blir ikke minst synlig når man ser på hans lange publikasjonsliste. Grimnes har sammen med sine medarbeidere på Medisinsk teknisk avdeling skrevet en rekke bøker. Nylig kom 2. utgave av boka "Bioimpedance and Bioelectricity Basics" på forlaget Elsevier/Academic Press. I den boka er det komplekse plan døpt til Wessel-planet etter Caspar Wessel som lanserte ideen i 1797. Langsomt har bruken av Wessel navnet i denne sammenheng bredt seg over hele verden.

Sverre Grimnes regnes blant de fremste i verden på sitt fagfelt, og 15. juni ble han hedret med Kongens fortjenestmedalje i gull. På vegne av bioimpedansgruppen og alle andre kolleger gratuleres Sverre Grimnes med de fylte 70 år, og vi ser fram til enda mange år med aktivt og spennende samarbeid med ham.

Ørjan G. Martinsen

In Memoriam

Rolf Brahde (1918–2009)



Vår gode kollega og venn, professor emeritus (Carl) Rolf Brahde, født 15. mars 1918, døde 25. mai 2009. Brahde ble utnevnt til observator ved Institutt for teoretisk astrofysikk ved Universitetet i Oslo i 1948, og gikk av for aldersgrensen i 1988. Han begynte på realfagstudiet ved Universitetet i Oslo i 1937, etter å ha tatt eksamen artium i Skien.

I 1940 deltok Brahde i harde trefninger med tyskerne i Vardal og i felttoget gjennom Gudbrandsdalen. Da de norske styrkene måtte kapitulere ble han tatt til fange og internert på Trandum. Sommeren 1940 kom han med i mot standsarbeid i XU, som ble den største og viktigste etterretningsorganisasjonen i Norge med over 1500 agenter. Studenter og yngre ansatte ved Universitetet i Oslo var sentrale i ledelsen, med bl.a. fysikeren Otto Øgrim. Brahdes tilknytning til Universitetet tillot ham å foreta reiser innen Norge, begrunnet som vitenskapelige oppdrag. Utstyrt med kikkert og fotoapparat søkte han etter en egnet plassering av et solobservatorium i områder hvor også tyske styrker var stasjonerte. På denne måten fremskaffet han opplysninger som var viktige i motstandsarbeidet. For sin deltagelse i krigshandlingene i 1940 og sin virksomhet i XU ble Brahde tildelt Deltagermedaljen.

Sykdom gjorde etter hvert videre krigsdeltagelse umulig. I januar 1944 flyktet Brahde til Sverige, hvor han fikk anledning til å fortsette sine studier i astronomi ved Stockholms Observatorium under veiledning av den kjente svenske astronomen Bertil

Lindblad. I 1947 fullførte Brahde sin cand.real.-grad i astronomi ved Universitetet i Oslo.

Som observator fikk Brahde ansvaret for planleggingen og byggingen av det nye solobservatoriet på Harestua. I denne forbindelse besøkte han flere av de fremste solobservatorier i Europa og USA for å gjøre seg kjent med relevante nyvinninger innen teleskopoptikk og instrumentering. Med sine kunnskaper om optikk var han i 1980-årene også en viktig bidragsyter under arbeidet med det internasjonale teleskopprosjektet Large Earth-based Solar Telescope (LEST). Han programmerte og utførte uavhengige kontrollberegninger av den foreslåtte optiske design for teleskopet.

Brahdes viktigste vitenskapelige arbeider var knyttet til optikk. I et ofte sitert arbeide gjorde han nøye rede for hvordan nøyaktige intensitetsmålinger på sola korrigeres for forstyrrende spredt lys fra atmosfæren. Hans bok om "Solas stilling i Norge" er et kjent og ofte benyttet oppslagsverk. Brahde utførte også meget nøyaktige baneberegninger for månen som han fulgte opp med arbeider om atmosfæriske tidevannseffekter, eller tideluftvariasjoner, for å bruke hans egen betegnelse på effekten. Disse beregningene vakte også interesse blant sportsfiskere som mente det kunne være en sammenheng mellom lufttrykkendringer og fiskebett.

Rolf Brahde hadde i en årrekke ansvaret for undervisningen i sfærisk astronomi og celest mekanikk. Både ved optiske beregninger og beregninger i celest mekanikk var han blant pionerene i Norge i bruk av elektroniske datamaskiner. Fra 1967 til 1991 utførte han beregningene for Almanakk for Norge.

Rolf Brahde var en dyktig og skattet popularisator av sitt fag. Han var i 1960- og 70-årene en hyppig deltager i programmer på radio og TV, og han var ekspertkommentator i TV-sendingen under månelandingen i 1969. Med sin solide naturvitenskapelige bakgrunn var han også en innsiktsfull kritiker i debatter om kvasivitenskapelige og overnaturlige virksomheter, bl.a. i TV-serien "Streiftog i grenseland" i 1971 og 1972. I høy alder deltok han med stor overbevisende og rasjonell kraft i et debattprogram om astrologi.

Rolf Brahde var et uredt, fascinerende menneske og en stimulerende kollega og venn. Våre tanker går til Elsie, Cato, Elisabeth og Henrik André som har mistet en kjær ektemake og en omsorgsfull far.

Oddbjørn Engvold, Per Barth Lilje og Rolf Stabell

Vårt verdensbilde i astronomiåret

Øyvind Grøn *

Takket være observasjoner med fenomenale teleskoper på bakken og i satellitter har vi nå et detaljert og realistisk verdensbilde, men også et bilde som inneholder store mysterier.

I år står astronomien i fokus. De forente nasjoner har vedtatt at 2009 skal være astronomiens år. Utgangspunktet for dette valget er at det i år er 400 år siden Galilei for første gang rettet kikkerten mot verdensrommet. Året er imidlertid valgt ikke bare for å feire Galilei, men enda mer fordi vi lever i en periode som med rette kan kalles *astronomiens gullalder*.

For første gang i menneskehetens historie er vi nå i stand til å studere kosmos over hele det elektromagnetiske spektret. Takket være romobservatoriene, Spitzerteleskopet som observerer infrarød stråling, Chandra- og Newtonobservatoriene som observerer røntgenstråling, Fermiteleskopet for gammastråling, samt WMAP- og snart Planck-teleskopet som registrerer mikrobølgestråling, kan vi nå se egenskaper ved universet som har vært skjult for menneskeheten helt frem til vår tid. Ikke bare ser vi universet slik det er nå. Vi ser ethvert objekt slik det var da det sendte ut lyset vi mottar. *Ved å se utover i universet ser vi bakover i tid.*

Universets ekspansjon oppdages

I 1929 skjedde en revolusjon i vår verdensoppfatning. Før den tid ble universet oppfattet som statisk: universet var evig og uforandret. Men i 1929 oppdaget den amerikanske astronomen Edwin Hubble at universet utvider seg. Avstandene mellom galaksehopen var mindre før. Det må ha eksistert en begynnelse! Astronomene kaller universets begynnelse for Big Bang. Det var en slags kjempeeksplosjon. Da ble også tiden og rommet skapt.

Her er vi ved et av de store mysterier i kosmolo-

gien. Hvordan oppsto verden? Dersom spørsmålet oppfattes religiøst er svaret: Gud skapte verden. Hvis det oppfattes naturvitenskapelig er svaret: Vi vet ikke, men vi kan foreta en kvalifisert gjetning.

I 1924 sa Einstein: *Det er teorien som forteller hva vi observerer*. Observasjonene gir oss en rekke data som kan fremstilles i tabeller og diagrammer. Lenger kommer vi ikke uten teori. Men vi snakker om stråling, krefter, energi og materie. Det er begreper fra fysikkteoriene – Maxwells elektromagnetiske teori, kvanteteorien og relativitetsteorien som danner grunnlaget for vår naturvitenskapelige verdensoppfatning. Disse teoriene er ikke gode nok til å fortelle oss hvordan universet oppsto. Men de har ledet til gjetninger. Vårt univers kan ha oppstått som en kvantefluktuasjon i et rom med uendelig utstrekning, et rom som har eksistert i all tid. Kanskje vil en ny teori som forener kvanteteorien og relativitetsteorien, gi oss et mer detaljert svar på hvordan verden ble til.

Teorienes begrensede gyldighet

De kosmiske observasjonene tolkes i lys av relativitetsteorien. Ved å sette observasjonene inn i Einsteins relativitetsteori kan vi regne ut hvor gammelt universet er. Beregningene tyder på at Big Bang skjedde for omtrent 13,5 milliarder år siden.

Fysikkens beskrivelse av verden har sine begrensninger. Fysikkens lover kan bare brukes til å beskrive materien. Disse lovene kan ikke fortelle oss hva hensikten med våre liv er, eller hva som er vakkert og godt. Men de har gitt oss en kraftfull forståelse av hvordan materien oppfører seg under gitte betingelser. Newtons mekanikk og gravitasjonsteori har gjort det mulig for oss å landsette mennesker på månen. Innenfor sitt gyldighetsområde vil Newtons teori til enhver tid være en teori som vi kan stole på. Dens gyldighetsområde defineres blant annet i møte med relativitetsteorien. Newtons teori er god for fenomener der hastighetene

*Høgskolen i Oslo og Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

er mye mindre enn lyshastigheten og i svake gravitasjonsfelt, dvs. så lenge man er langt utenfor et svart hull.

Relativitetsteoriens gyldighetsområde defineres i møte med kvantemekanikken. For tidsintervaller mindre enn Plancktiden som er 10^{-43} s, kan vi ikke regne med at relativitetsteorien gir korrekte resultater. Derfor kan vi ikke si noe om årsaken til kvantefluktuasjonen som vårt univers kan ha oppstått fra. Men forskerne mener å kunne beregne hvilken tilstand som oppsto på grunn av denne fluktuasjonen. Det var et utrolig tettpakket område med vakuumenergi som hadde en enorm tetthet.

Frastøtende gravitasjon

Ifølge Newtons gravitasjonsteori er gravitasjon alltid tiltrekkende. Men Einsteins teori åpner for den mulighet at gravitasjonen kan være frastøtende. Teorien forteller også hva slags systemer som forårsaker frastøtende gravitasjon. Vakuumenergi har nettopp denne egenskapen.

Kvantefluktuasjonen som skjedde ved universets begynnelse, kan ha ført til at det ble dannet et lite område dominert av vakuumenergi med enormt stor tetthet, og dette området virket på seg selv med frastøtende gravitasjon. Dermed oppsto en enorm "eksplosjon" kalt Big Bang. Våre teorier tillater oss å regne ut hvor lenge den varte. Svaret er 10^{-33} s. Denne utrolig kortvarige perioden ved universets begynnelse kalles *inflasjonsperioden*.

Inflasjonsperiodens konsekvenser

Eksistensen av denne perioden er en konsekvens av våre fysikkteorier, noe som ble oppdaget omkring 1980. Den gir svar på fem spørsmål som tidligere var ubesvart:

1. Hvordan oppsto universets ekspansjon?
2. Hvordan oppsto energien og materien i universet?
3. Hvordan oppsto den kosmiske massefordelingen.
4. Hvorfor er universet "flatt"?
5. Hvorfor har den kosmiske bakgrunnstrålingen samme temperatur i alle retninger?

Svarene er:

1. Universets ekspansjon skyldes vakuumenergiens frastøtende gravitasjon under inflasjonsperioden.

2. Vakuumenergien har den merkelige egenskapen at dens tetthet forble uforandret under inflasjonsperioden. Dermed ble det skapt ny vakuumenergi i denne perioden. Ved slutten av inflasjonsperioden gikk mesteparten av denne energien over til stråling og partikler.

3. Det er en konsekvens av kvanteteorien at det oppsto tetthetsfluktuasjoner i vakuumenergien med et såkalt skalainvariant spekter under inflasjonsperioden. Disse fluktuasjonene forplantet seg til tilsvarende fluktuasjoner i den kosmiske strålingen og massefordelingen etter inflasjonsperioden, noe som til slutt førte til dannelse av galakser og hoper av galakser. Den observerte fordelingen av materien passer med det skalainvariante spektret av fluktuasjoner som oppsto i inflasjonsfasen.

4. Når astronomene sier at universet er "flatt", mener de at rommet adlyder de euklidske reglene for geometri. Dette betyr blant annet at lyset følger linjalrette linjer i rommet, og innebærer at universet har uendelig stor utstrekning. Beregninger viser at universet flatet ut under den vakuumdominerte startperioden. Derfor kalles den inflasjonsperioden.

5. Før 1980 forsto man ikke hvorfor den kosmiske bakgrunnsstrålingen har samme temperatur i alle retninger. Universet ble gjennomskiktig for denne strålingen 380 000 år etter Big Bang. Når vi observerer bakgrunnsstrålingen, ser vi hvordan universet var 380 000 år etter Big Bang. Observasjonene viser at strålingskildene i alle retninger den gang hadde samme temperatur. Før 1980 kjente vi ingen god grunn til at det skulle være slik. I universmodellene før 1980 startet ekspansjonen med en uendelig stor hastighet. (Relativitetsteorien tillater rommet å ekspandere med overlyshastighet. Det er bare bevegelse av materie og informasjon gjennom rommet som ikke kan bre seg med større hastighet enn lysets.) Avstanden mellom kilder i motsatte retninger for den kosmiske bakgrunnsstrålingen var så stor 380 000 år etter Big Bang at ingen informasjon kunne komme fra den ene strålingskilden til den andre på 380 000 år og fortelle hvilken temperatur den hadde.

Inflasjonsfasen var annerledes. Den startet med en langsom ekspansjon som så fikk en enorm økning på grunn av frastøtende gravitasjon. Dermed ble det i begynnelsen av inflasjonsperioden etablert termisk likevekt, dvs. samme temperatur overalt i universet (når vi ser bort fra kvantefluktuasjonene som på denne tiden ga opphav til forsvinnende små temperaturforskjeller). Den termiske likevekten var fortsatt bevart 380 000 år etter Big Bang.

Universet blir gjennomslutlig

Det første kvarteret etter inflasjonsfasen gikk utviklingen utrolig raskt. Da oppsto de første atomkjernene og forholdet mellom mengden av helium og hydrogen i universet ble bestemt i den såkalte kosmiske nukleosyntesen. Beregningene viser at det burde være omtrent fire ganger så mye hydrogen som helium i universet. Det observerte forholdet stemmer med denne forutsigelsen.

Årsaken til at universet var gjennomslutlig før 380 000 år etter Big Bang var at det da var fullt av frie elektroner som hindret strålingen i å bevege seg fritt. Ved tiden 380 000 år etter Big Bang var temperaturen i den kosmiske bakgrunnsstrålingen sunket så mye at protonene til hydrogen- og heliumkjernene greide å fange inn flesteparten av elektronene. Da ble de første nøytrale atomene dannet, og siden de fleste frie elektronene ble borte ble universet gjennomslutlig.

De første stjernene

Noen hundre millioner år etter Big Bang oppsto de første stjernene. De fleste av dem var mye større enn sola og hadde kort levetid. I løpet av hundre millioner år endte mange av dem i voldsomme supernovaeksplosjoner der det ble produsert tyngre grunnstoffer enn hydrogen og helium som ble sendt ut og beriket den interstellare materien slik at senere generasjoner av stjerner, slike som sola, kunne danne planeter med mulighet for utvikling av liv. Grunnstoffene våre er dannet i stjernene. Vi består av "stjernestøv".

Uløste spørsmål

Nå har vi et mer detaljert og realistisk verdensbilde enn menneskeheten har vært i nærheten av tidligere. Men det har også dukket opp nye spørsmål som vi ikke har svar på. Spiralgalaksene roterer så raskt at de for lengst skulle ha løst seg opp dersom gravitasjonskraften som holder dem sammen, bare skyldes den synlige materien i stjernene og det interstellare støvet. Det må eksistere mer mørk enn synlig materie for å lage sterkt nok gravitasjonsfelt. Ingen vet hva den mørke materien består av.

Vi vet heller ikke hva vakuumenergien som dominerte i inflasjonsfasen er for noe. Ikke all energien gikk over til stråling og materie ved inflasjonsfasens slutt. Noe ble igjen. Men rett et-

ter inflasjonsfasen var tettheten av vakuumenergien mye mindre enn tettheten av stråling og materie. Derfor dominerte strålingens og materiens tiltrekkende gravitasjon og bremses ned universets ekspansjonsfart de første 6–7 milliarder årene av universets historie.

Men tettheten til strålingen og materien avtok hele tiden under utvidelsen, mens vakuumenergiens tetthet holdt seg konstant. Det ble skapt mer og mer vakuumenergi. De siste 6–7 milliarder årene har det vært mer vakuumenergi i universet enn energien i stråling og materie. Dermed har vakuumenergiens frastøtende gravitasjon fått ekspansjonsfarten til å øke igjen. Men vakuumenergiens natur er et mysterium.

Menneskets plass i universet

Kanskje det største mysteriet er menneskenes plass i universet. Er vi unike? Er det liv andre steder i universet enn på jorda? De siste 13 årene er det funnet over 300 planeter utenfor solsystemet. Observasjoner med Hubble romteleskopet tyder på at det er milliarder av dem bare i Melkeveigalaksen. Kanskje er det millioner av planeter som minner om jorda, og som har vann på overflaten. Vannmolekyler er ikke sjeldne i universet. Og der det er vann kan det være gunstige forhold for utvikling av liv.

Det er ikke utenkelig at astronomiens neste store tema vil bli utforskningen av liv andre steder enn på jorda.

Litteratur

1. Øyvind Grøn: *Kosmologiens utvikling de siste 50 årene*. Fra Fysikkens Verden **65**, nr. 2, 49–52 (2003)
2. Øystein Elgarøy: *Hva er kosmos?* Universitetsforlaget (2008)
3. Simon Singh: *Big Bang*. Aschehoug (2004)
4. Joel R. Primack og Nancy Ellen Abrams: *Utsikt fra universets sentrum*. Flux (2008)

Planeter utenfor solsystemet

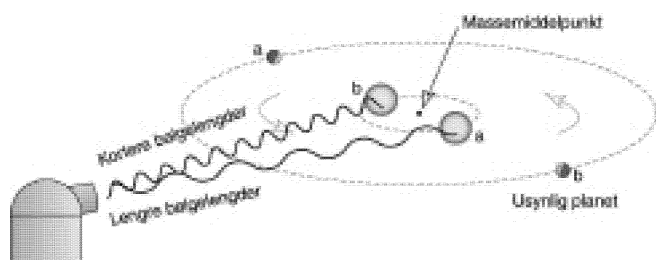
Øyvind Grøn *

Den første planeten i bane rundt en ordinær stjerne ble oppdaget i 1995. Til nå er det oppdaget over 370 såkalte eksoplaneter.

Oppdagelsesmetoder

Dopplermetoden

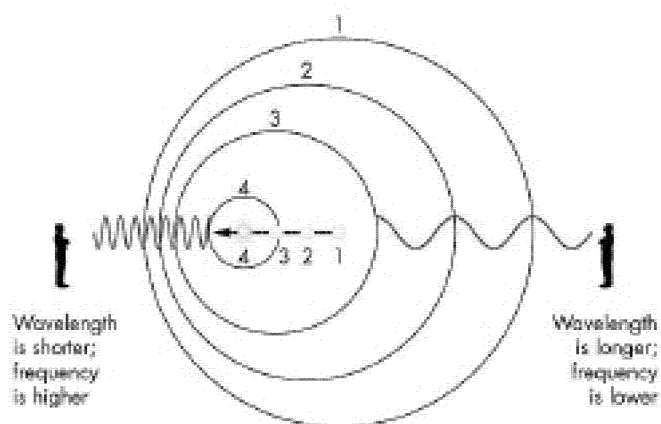
Når en planet vandrer i bane rundt en stjerne går ikke stjernen med jevn fart gjennom rommet. I tillegg til stjernens fart i galaksen beveger stjernens og planeten seg om det felles massesenteret (figur 1). Dermed får stjernens en periodisk hastighetsvariasjon.



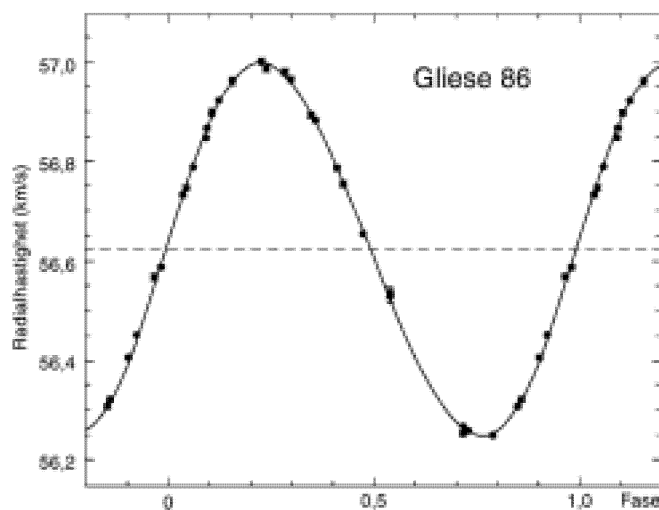
Figur 1. Planeten og moderstjernen roterer rundt systemets massesenter. Moderstjernens hastighetskomponent langs syns-linjen observeres ved hjelp av dopplereffekten.

Denne hastighetsvariasjonen kan bestemmes ved hjelp av dopplereffekten (figur 2). Når en lyskilde beveger seg mot observatøren, "presses" lysbølgene sammen, og det observerte lyset forskyves mot blått. Når lyskilden beveger seg vekk fra observatøren, "strekkes" lysbølgene og lyset forskyves mot rødt.

Dersom astronomene observerer en svak regelmessig forandring av spektrallinjene i strålingen fra en stjerne med en periode på et par timer, kan de slutte at stjernen har en periodisk hastighetsvariasjon (figur 3). Årsaken er trolig at en planet går i bane rundt den. Hastighetene er så små at det er vanskelig å observere denne effekten. Stjernens



Figur 2. Dopplereffekten: Lyset forskyves mot kortere bølglengder når kilden beveger seg mot observatøren og mot lengre bølglengder når den beveger seg vekk.



Figur 3. Typisk hastighetskurve for en stjerne med en planet: Banebevegelsen til moderstjernen, Gliese 86, rundt massesenteret gir opphav til en periodisk (sinusformet) hastighetsvariasjon langs syns-linjen, her på 740 m/s. Planeten har 4,9 jupitermasser og er i 1/10 av jordas solavstand fra stjernen.

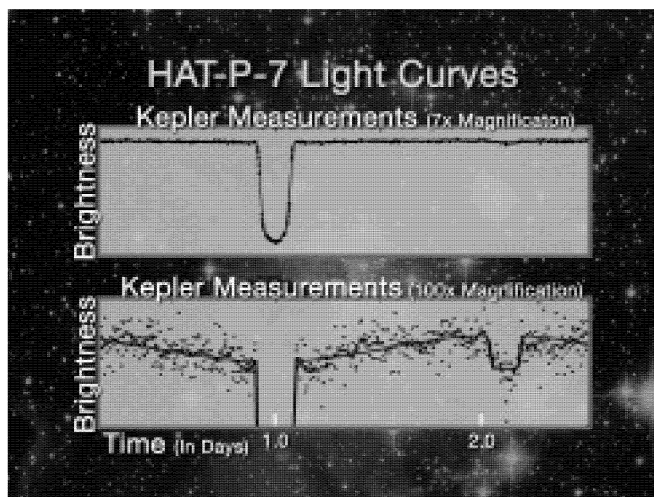
hastighet er større desto større masse planeten har og jo nærmere den er stjernen. Metoden favoriserer derfor å finne kjempeplaneter nær moderstjernen.

Over 300 eksoplaneter er funnet ved hjelp av dopplermetoden.

*Høgskolen i Oslo og Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

Formørkelsemetoden

Hvis jorda ligger i baneplanet til en eksoplanet, vil planeten passere mellom stjernen og jorda en gang per runde. Da skygger planeten bitte lite grann for stjernen. Lyset blir typisk formørket med en promille (figur 4).



Figur 4. Formørkelsen av lyset fra stjernen HAT-P-7 når planeten HAT-P-7b passerer foran den, observert med Kepler-romteleskopet. Dette er en kjempeplanet med 1,8 ganger Jupiters masse hvis avstand fra moderstjernen bare er 1/25 av jordas avstand fra sola. Den lille svekkelsen til høyre skyldes at planeten har passert bak stjernen.

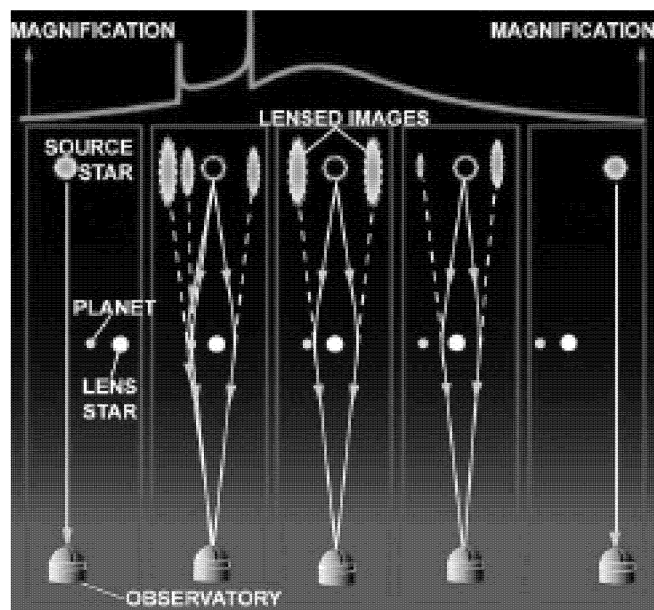
De mest nøyaktige målingene av denne effekten er foretatt med NASA sitt romteleskop Kepler som ble plassert i bane 7. mars 2009. Ved hjelp av Kepler-romteleskopet har astronomene mulighet for å avsløre eksistensen av eksoplaneter som minner om jorda.

Mikrolinseeffekten

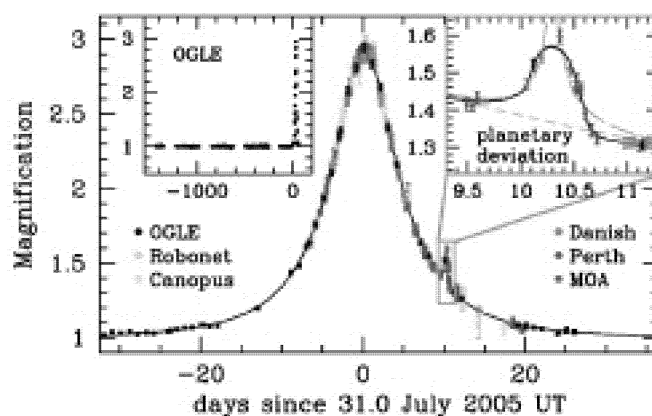
Dette er en gravitasjonell linseffekt, dvs. det dreier seg om at lys avbøyes når det passerer en masseansamling. Årsaken er at lys har energi, E , og følgelig også en masse, m , ifølge Einsteins likning $E = mc^2$. Dermed vil en stjerne eller en planet, kunne virke som en samlelinse for lys som passerer nær legemet (figur 5 og 6). Noen få eksoplaneter er oppdaget ved hjelp av denne metoden.

Observasjon av atmosfæren til eksoplaneter

Planeter som passerer foran moderstjernen er spesielt interessante. Da vil en del av stjernelyset



Figur 5. Mikrolinseeffekten. Lyskurven øverst på figuren viser hvordan intensiteten varierer med tiden når en stjerne passerer rett foran en bakenforliggende lyskilde. Det kan oppstå en kortvarig intensitetsøkning dersom også en planet i bane rundt stjernen bidrar til å fokusere lyset.

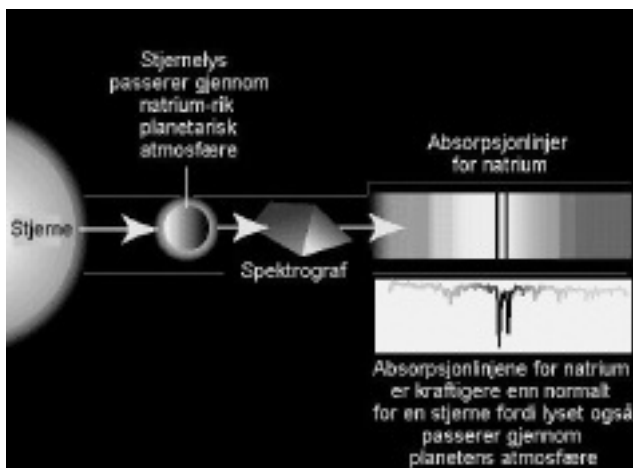


Figur 6. Mikrolinseeffekten. Intensiteten til en stjerne kalt OGLE-2005-BLG-390Lb som funksjon av tiden. Den klokkeformete økningen av intensiteten skyldes at lyset fra stjernen er blitt fokusert av en stjerne som passerte foran den. Den lille intensitetsøkningen som er vist i forstørret utgave i utsnittet øverst til høyre, skyldes ytterligere fokusering av lyset fordi en planet med 5 jordmasser i bane rundt den nærmeste stjernen også passerte synslinjen.

passere gjennom planetens atmosfære på vei mot jorda. Absorpsjonslinjer i dette lyset kan avsløre eksistensen av ulike stoffer i planetatmosfæren.

Slike spektrografiske målinger har gitt spesielt mye informasjon om sammensetningen av atmo-

sfæren til planeten HD 209458 (figur 7). I 2003 ble det observert at denne planeten er i ferd med å miste noe av atmosfæren sin. Det ble observert tegn til at den fordamper hydrogen, oksygen og karbon ut i rommet. Den taper mist 10 000 tonn hydrogengass pr. sekund. Det at atmosfæren enda ikke er borte tyder på at HD 209458b må være en ung planet. Spektroskopiske studier i 2005 ga det overraskende resultatet at det ikke var spor etter vann i atmosfæren. Observasjonene viste isteden spor etter silikater som er et tegn på at de øvre lagene av atmosfæren til HD 209458b inneholder store mengder støv i form av finkornet sand. Astronomene mener at det må skjule seg betydelige mengder vanndamp lenger nede i atmosfæren. Spor etter vanndamp i denne planetatmosfæren er senere blitt observert. Man har også registrert tegn på vann i atmosfæren til eksoplaneten HD 189733b.



Figur 7. Det er oppdaget natrium i atmosfæren til eksoplaneten HD 209458.

Det mest spennende funnet ville være om man fant en atmosfære som liknet på jordas, med store mengder oksygen. Det ville være et tegn på at det skjer fotosyntese på planeten og dermed at det er liv på den. Men foreløpig har man ikke gjort slike funn.

Over 20 milliarder planeter i Melkeveien?

Etter å ha funnet omtrent 370 eksoplaneter i bane rundt de nærmest 3000 stjernene er det klart at minst hver tiende stjerne i solas område av Melkeveien har en planet. Hubble-romteleskopet ble brukt til å undersøke om dette er representativt

for hele Melkeveien. Teleskopet ble rettet mot et lite område nær Melkeveiens sentrum der astronomene hadde regnet ut at man ville oppdage 16 eksoplaneter ved hjelp av formørkelsesmetoden hvis andelen av stjerner med planeter er den samme der som her. De fant nettopp dette antallet stjerneformørkelser. Dermed hadde observasjonene støttet antagelsen om at omtrent hver tiende stjerne i Melkeveien har en planet i bane rundt seg. Hvis Melkeveien inneholder 200 milliarder stjerner betyr dette at det er minst 20 milliarder planeter i Melkeveien.

En gruppe astronomer ved NASAs senter for astrobiologi gjennomførte høsten 2006 en omfattende simulering av hvordan planetsystemer utvikler seg. De konkluderte med at det burde finnes jordlike planeter i den beboelige sonen, økosfæren (se Yngve Hopstads artikkel om Drakelikningen) i omtrent en tredjedel av alle planetsystemene. Dette kan tyde på at det trolig er over en milliard planeter med vann på overflaten i Melkeveien. Det begynner å se sannsynlig ut at det kan ha utviklet seg liv på planeter rundt andre stjerner enn sola.

Litteratur

1. Ø. Grøn og C. Angell: *Planeter utenfor solsystemet*. Temahefte, Akademika, 16 sider (2000)
2. Institutt for teoretisk astrofysikk, UiO:
<http://www.astro.uio.no/ita/artikler/planeter.html>

∞

**Studér
fysikk!**

Drakeligningens betydning for leting etter intelligent liv i galaksen

Yngve Hopstad *

Drakeligningen har som formål å estimere antall sivilisasjoner som vi kanskje vil kunne kommunisere med ved hjelp av radiobølger. Ligningen består av 7 faktorer. Produktet av disse skal kunne gi tallet på sivilisasjoner. Da vårt solsystem er det eneste med en planet med liv på som vi vet om, brukes solsystemet som utgangspunkt for bestemmelse av 5 av faktorene i ligningen. De resterende 2 bestemmes fra forhold i Melkeveien. Vi vil her bare diskutere faktorene i Drakeligningen da vi ikke har nok kunnskap til å angi noen mulig verdi for ligningen. Drakeligningen danner likevel et fundamentalt utgangspunkt for vår søken etter planeter med intelligente vesener som vi muligens vil kunne kommunisere med.

Den amerikanske radioastronom, Frank Drake, formulerte i 1961 en ligning i forbindelse med forberedelsene til en konferanse som skulle diskutere muligheten for søk etter utenomjordisk intelligens, forkortet på engelsk SETI. Denne ligningen har fått navnet Drakeligningen og har etter hvert fått en del oppmerksomhet. Den ble forklart i TV-serien "Cosmos" (som ble sendt på norsk TV i 1980) av den dalevende kjente amerikanske astronomen og ekso-biologen Carl Sagan. I dag er den å finne i astronomibøker og artikler som er skrevet på et populærvitenskaplig nivå.

Da Frank Drake satte opp ligningen var det ingen observasjoner av planeter rundt andre stjerner, men teorien om planetdannelse forutsa at de sannsynligvis måtte finnes. Ut fra en klokkeetro på at planetdannelse må ha funnet sted rundt andre stjerner enn vår sol, har astronomer de siste årtier intensivert jakten på eksoplaneter. Det er derfor med stor entusiasme at vi nå virkelig kan beskrive de

forskjellige faktorene i Drakeligningen ut fra reelle observasjoner av planeter utenom vårt solsystem.

For å uttrykke Drakeligningen bruker vi Sagens skrivemåte fra "Cosmos" som var på formen:

$$N = N_* f_p n_e f_l f_i f_s f_L.$$

Vi skal nå se nærmere på de sju forskjellige faktorene i Drakeligningen. Vi skal diskutere faktor for faktor og begynner da med den første.

N_* = Antall G-stjerner i Melkeveien

Denne faktoren er selve fundamentet i Drakeligningen fordi det er antallet stjerner i galaksen (i vår Drakeligning antallet G-stjerner) som bestemmer hvor mange sivilisasjoner Drakeligningen til slutt ender opp med. Det er verdt å nevne at Drake og Sagan i utgangspunktet satte N_* = Antallet stjerner i Melkeveien. Men da vi synes at det er for optimistisk å ta med alle stjernene i vår galakse som utgangspunkt for Drakeligningen, har vi valgt å ta bare med stjerner av solas spektraltype, det vil si G-stjerner. Dette fordi vi vet bare om én stjerne som til nå har en planet der intelligent liv finnes, nemlig vår egen sol, som er av spektralklasse G.

Vi kan nå gjøre et overslag over en mulig verdi av N_* i vår galakse. Antallet stjerner i Melkeveien er anslått til å være omkring 150–200 milliarder. Hvis vi antar at 10 % av disse er stjerner av spektral klasse G i Hertzsprung-Russell-diagrammet (et diagram som viser sammenheng mellom farge og effektiv overflatetemperatur på stjerner), er det rundt 20 milliarder G-stjerner. Da vi tror at omkring halvparten av disse G-stjernene er dobbeltstjerner (som vi tror ikke vil ha stabile nok baner til å kunne opprettholde stabile planetsystemer), står vi igjen med 10 milliarder G-stjerner som en mulig verdi for N_* i Melkeveien. Denne verdien er nok for stor da

* Institutt for fysikk, NTNU, Trondheim.

endel av disse G-stjernene igjen er plassert slik i galaksen at de ikke vil egne seg til å være lokale soler til planeter med liv på. I tillegg er det nok litt for optimistisk å ta med alle typer av G-stjerner.

f_p = Brøkdelen av G-stjerner med planeter

Dette er uten tvil den faktoren i Drakeligningen som gjør at Drakeligningen nå kan tas seriøst. Før den første planeten rundt en annen stjerne ble oppdaget, var ligningen bare spekulasjon fordi så lenge vi ikke visste om det virkelig fantes eksoplaneter (selv om de fleste var sikker på det), var Drakeligningen bare gjetning. Men siden den første eksoplaneten ble oppdaget i 1995 (når vi ser bort fra en planet som man tror går i bane rundt en pulsar med navnet PSR B1620-26 sammen med en hvit dverg, og som ble oppdaget i 1994) er det oppdaget 347 eksoplaneter. Disse planetene tilhører til sammen 294 solsystemer, hvorav 37 solsystemer som har mer enn én planet. Omtrent 20 lysår fra oss finnes et solsystem bestående av en stjerne som kalles Gliese 581, og som har 4 til nå oppdagede planeter i bane rundt seg. En av disse planetene med navnet Gliese 581 e, har bare 2 jordmasser, noe som gjør den til den minste eksoplaneten som til nå er oppdaget. Nå er riktignok ikke Gliese 581 en stjerne av solas type. Den er en rød dvergstjerne med omtrent en tredel av solas masse og har en lavere overflatetemperatur. Vi kommer tilbake til dette solsystemet mer detaljert når vi diskuterer faktoren n_e nedenfor.

Av de nevnte 37 solsystemene som har flere enn én planet, tilhører 18 av disse G-stjerner, så vi ser her at stjerner av solas type ser ut til å ha lett for å danne planeter. Men om dette er en generell tendens er selvfølgelig altfor tidlig å kunne si noe sikkert om. Observasjoner med Hubble-romteleskopet antyder at en av tretti stjerner har en jupiterlignende planet. Det skulle da bli omtrent 5-6 milliarder jupiterverdener i galaksen. Men hvis hver trettiende stjerne i galaksen har materiale nok rundt seg til at det kan dannes planeter på Jupiters størrelse (dvs. tilsvarende 318 jordmasser), da skulle man kanskje tro at planeter på jordens størrelse og mindre, er enda mer vanlige enn disse jupiterlignende planetene. Er det tilfellet, da er faktoren f_p kanskje ikke så langt unna 1, og det vil bety at det finnes bokstavelig talt et "hav" av planeter hvis dette gjelder stort sett alle typer stjerner i Melkeveien.

Blant de over 300 eksoplanetene som til nå er funnet, har det vist seg at jupiterlignende planeter er mye nærmere moderstjernene enn det man vil forvente fra standardteorien om planetdannelse. Hva som er årsaken til dette er man ikke helt sikker på. En mulig forklaring som er blitt lansert, er at under dannelsen av et slikt solsystem vil en eller flere store jupiterlignende planeter bli dannet lengre borte fra moderstjernen, men på grunn av friksjon fra en skive av materiale rundt moderstjernen vil disse planetene begynne å gå i spiralbaner inn mot den. Etter en viss tid vil så disse planetene komme så nær moderstjernen at strålingstrykket fra den lokale solen vil ha skjovet bort materialet. Resultatet blir stabile baner tett inntil moderstjernen (vi mener her avstander på mindre enn 1 AU, det vil si avstanden mellom jorden og solen). Hvis dette er forklaringen, er det vanskelig å kunne tenke seg hvordan planeter på jordens størrelse skal kunne overleve når en eller flere av disse gigantplanetene nærmer seg moderstjernen i spiralbane.

n_e = Antall planeter i et solsystem hvor liv kan oppstå

I forbindelse med denne tallfaktoren har begrepet *økofæren* kommet i fokus. Dette er betegnelsen på en sone (livssone) i et solsystem der flytende vann kan eksistere på overflaten på en eller flere planeter i bestemte avstander fra den lokale solen. For at flytende vann skal kunne eksistere på overflaten av planeter, tror vi at disse må ha forhold som ligner litt på vår planet, så vi kaller slike planeter jordlignende. Økofæren blir definert slik fordi vi tror at en betingelse for at det kan finnes liv på jordlignende planeter, er nettopp at flytende vann kan eksistere der. Med dette som betingelse for å finne liv på planeter vil vi først undersøke hvilke planeter i vårt eget solsystem som befinner seg innenfor grensen til økofæren, det vil si hvilke av planetene Venus, jorden eller Mars som har forhold slik at flytende vann kan finnes på overflaten av disse.

Venus befinner seg omtrent 108 millioner kilometer fra solen, og er litt mindre enn jorden. Planeten er innhyllet i en tykk atmosfære som inneholder 96 % CO₂. Resultatet av denne høye verdien av CO₂ gjør at drivhuseffekten får temperaturen på overflaten til å bli 450 °C. Og som om dette ikke er nok, tilsvarende trykket fra atmosfæren på overflaten 90 ganger jordens atmosfæretrykk! Fra disse enkle fakta kan vi si med stor sikkerhet at Venus i dag

ikke har forhold for liv. Men vi kan ikke se bort fra at det var bedre forhold for liv på Venus for 4 milliarder år siden da innstrålingen fra solen var 40 % mindre enn i dag. I så fall har Venus kanskje engang vært innenfor økosfæren, men i dag er den det ikke.

Jorden ligger omtrent 42 millioner kilometer lengre fra solen enn Venus gjør, så vi vil forvente at det er kaldere her enn på Venus, og da vår atmosfære består av godt under 1 % CO₂ og andre drivhusgasser, gir det en gjennomsnittstemperatur her på omtrent +15 °C, en temperatur som gir rennende vann på jorden slik at livet her finnes nesten hvor som helst. Konklusjonen blir da at jorden er innenfor grensen til økosfæren.

Nå gjenstår bare en planet i solsystemet som kan ligge innenfor grensen til økosfæren, nemlig Mars. På overflaten av Mars er vi sikre på at det en gang var flytende vann, det kan vi se av landskapet.formasjoner som ligner kanaler eller elver er tydelige på bilder tatt av overflaten. Men i dag er det ikke flytende vann der, så hvordan kan det ha vært der tidligere? Svaret er trolig å finne i atmosfæren til Mars som er svært lik atmosfæren til Venus. Den består av omkring 95 % CO₂ mot 96 % CO₂ på Venus, så uratmosfæren til Mars kan ganske enkelt ha inneholdt mer av samme atmosfære, slik at drivhuseffekten da var mye mer effektiv enn den er i dag. Og datasimuleringer viser nettopp at hvis uratmosfæren til Mars hadde hatt et større trykk enn dagens verdi på ca. 6 mbar (atmosfæretrykket på jorden er ca. 1 bar), da ville vann ha kunnet eksistert på overflaten. Om dette resultatet gir det riktige bildet av Mars for 3–4 milliarder år siden er vanskelig å si, til det må det mer forskning til. Og den store gåten hvorfor Mars gikk fra å være en våt verden til en tørr verden, er det fortsatt uenighet om. Dessuten mangler Mars, som Venus, i tillegg også stort sett et beskyttende magnetfelt for kosmiske partikler og partikler fra solstormer. Så vi kan konkludere med at Mars for omkring 3–4 milliarder år siden var innenfor grensen til økosfæren, men at den i dag ligger i en "gråson" når det gjelder dens plassering i forhold til økosfæren.

Vår enkle analyse viser derfor at jorden er den eneste planeten i vårt solsystem som vi sikkert kan si tilhører økosfæren, og at Mars er den eneste av de andre planetene som eventuelt kan være med i en diskusjon om hvor grensen til økosfæren i vårt solsystem går. Dette er i hvert fall vårt grunnlag som vi bygger på når vi nå skal se på om noen av de eksoplanetene som er oppdaget rundt andre stjerner av solens type, er innenfor økosfæren til disse stjernene.

Før vi ser på solsystem bestående av bare stjerner av solens type, skal vi se litt nærmere på planetene rundt Gliese 581 som vi nevnte kort ovenfor. Av de 4 planetene ligger Gliese 581 e nærmest moderstjernen. Avstanden er bare 0,03 AU, så den ligger trolig utenfor økosfæren. Den ytterste planeten Gliese 581 d er på 7 jordmasser og er i en avstand på 0,22 AU, så vi tror den ligger innenfor økosfæren. Men selv om denne planeten ligger innenfor økosfæren til moderstjernen, betyr ikke det at det må finnes liv på den fordi banen ligger farlig nær Gliese 581 slik at eventuelt liv på den vil kunne være i stor fare når det er utbrudd på den røde dvergstjernen.

Cnc er et annet solsystem bestående av en G-stjerne og 5 planeter. Massene til disse planetene spenner fra 11 til 1241 jordmasser, og selve moderstjernen har en masse på 1,03 solmasser og en temperatur på litt under 5000 °C. Avstanden til dette solsystemet er på ca. 44 lysår. Fordi temperaturen til 55 Cnc er lavere enn på solen, vil vi forvente at økosfæren ligger nærmere moderstjernen enn den gjør rundt solen. Men i dette solsystemet er 4 av de 5 oppdagede planetene innenfor en avstand av 1 AU, og 55 Cnc e som har minst masse av planetene, er i en avstand av bare ca. 0,04 AU fra den lokale solen, Cnc. Dette skulle indikere at 55 Cnc e har bundet rotasjon, og da den i tillegg er så nær sin lokale sol finner vi at temperaturen på overflaten av den uten atmosfære er over 1000 °C, så vann finnes nok ikke på overflaten, hvis den i det hele tatt har fast overflate! Uansett er 55 Cnc e så nær 55 Cnc at den kan ikke være noe gunstig plass for liv å utvikle seg på, der den lokale solen er 24 ganger større på himmelen enn vår sol sett fra jorden.

HD 160691 er en stjerne med litt lavere overflatetemperatur enn solen, ca 5400 °C. Rundt den kretser det 4 planeter som til nå er oppdaget. Massen til den tyngste planeten er på over 1000 jordmasser, og den letteste er på rundt 14 jordmasser, som tilsvarer omtrent massen til Uranus. Planeten med minst masse har navnet HD 160691 d og befinner seg bare 0,09 AU fra moderstjernen, dvs. omkring 4 ganger nærmere HD 160691 enn Merkurs avstand fra solen. Da den i tillegg har en masse tilsvarende Uranus, er den en gassverden uten fast overflate, så liv på denne verden er nok utelukket.

Vi skal så se på et siste eksempel med planeter rundt G-stjerner. Systemet består av en stjerne med overflatetemperatur på ca. 5770 °C, altså litt høyere enn temperaturen på solen, og 3 planeter med masser fra over 2600 jordmasser ned til 132

jordmasser. Det interessante med dette solsystemet er at planeten med lavest masse er i en avstand av omkring 1,01 AU fra den lokale solen. Dette viser at planeter rundt andre G-stjerner kan være i omtrent samme avstand som vår jord er fra solen. Men da HD 74156 d er 132 ganger mer massiv enn vår planet, eller 1,4 ganger massen til Saturn, så må den være en gassverden uten fast overflate. Som vi har konkludert med tidligere, vil en slik verden ikke være noe gunstig utgangspunkt for liv. Når det gjelder planeter rundt andre G-stjerner er de få som til nå er oppdaget av typen jupiterlignende, og de er nærmere sin lokale sol enn Merkur er solen.

Disse eksemplene viser oss at det også blir dannet planeter rundt andre G-stjerner enn vår sol. Selv om ingen av de planetene som vi til nå har oppdaget ligner vår egen jord, viser de allikevel at planeter av samme type som Jupiter og de andre gassverdenene i solsystemet vårt kanskje er vanlige rundt G-stjerner. Det i seg selv er ikke uten betydning da vi er ganske sikre på at uten de beskyttende gravitasjonsfeltene til Jupiter og Saturn ville vår planet ha vært mer sårbar for objekter fra rommet som ellers ville kunnet truffet jorden mye oftere og voldsommere, noe som i sin tur ville medføre at livet trolig ikke ville fått nok tid til å utvikle seg før et nytt stort objekt, eller flere mindre objekter, ville rammet jorden med katastrofale konsekvenser for det livet som eksisterte der da. I så fall er et solsystem med gigantplaneter på Jupiters og Saturns størrelse en nødvendighet for selve livet, og solsystem som ikke har slike verdener vil trolig da ikke ha utviklet noe liv.

f_l = Brøkdelen av n_e planetene der liv oppstår

I vårt solsystem vet vi i hvert fall om én planet der livet har oppstått og utviklet seg. Men vi vet enda ikke om det har vært liv på Mars da det var flytende vann på overflaten, eller om det kan være liv der i dag. På Venus vet vi ikke om det har vært liv der en gang i solsystemets barndom da betingelsene for liv kanskje var bedre enn de er i dag. I dag ser det ikke ut som om betingelsene er der for at Venus skal kunne ha noen form for liv, da flytende vann ikke kan eksistere der.

Dette viser at utforskningen av planetene Venus og Mars er svært viktig da disse planetene sammen med jorden, er av den typen vi vil forvente at livet kan oppstå på rundt andre G-stjerner (i

denne kanskje litt konservative analysen av dette viktige spørsmålet). Selv om kanskje Venus i dag ikke virker interessant når det gjelder spørsmålet om liv, så kan vi ikke utelukke planetens betydning når det gjelder livet i solsystemets barndom. Uansett er en planet som Venus så lik jorden at finner vi jordlignende planeter der ute, så vil kanskje den første vi oppdager ligne mer på Venus enn på jorden. Men det er klart at skulle en slik exoplanet ligne for mye på Venus slik forholdene er i dag, da vil vi ikke forvente å finne noe liv på den. Det samme gjelder nok forholdene på Mars i dag, selv om sjansene for å finne liv på Mars er større enn å finne det på Venus. Så vi kan konkludere med at $f_l \geq 1/3$, i hvert fall i vårt solsystem.

f_i = Brøkdelen av f_l planetene der intelligent liv oppstår

Om denne faktoren vet vi sikkert at en planet i vårt solsystem der livet begynte, også utviklet intelligent liv etter milliarder av års evolusjon, hvis det ikke har vært liv på Mars eller Venus. Da kan vi slå fast at $f_i = 1$ gjelder i vårt solsystem, men om dette er vanlig i galaksen eller ikke, det har vi ingen sjanse til å kunne si noe om så lenge vi bare vet om én planet med liv. Så det store spørsmålet blir da om planeter der livet oppstår, automatisk fører til intelligente vesener som oss, det vil si om menneskelig intelligens er en naturlig konsekvens av utvikling av liv. For selv om utryddelsen av dinosaurene for 65 millioner år siden banet veien for pattedyrene og dermed for mennesket, så vet vi strengt tatt ikke om katastrofen var en nødvendighet. Det kan tenkes at dinosaurene hadde dødd ut uavhengig av om et himmellegeme (trolig en astroide) traff jorden. De hadde tross alt eksistert i 150–200 millioner år før katastrofen inntraff. I så fall ville pattedyrenes tid ha kommet uansett. Men det motsatte kan også være tilfelle, at det måtte en katastrofe til for at pattedyrene skulle få sin sjanse. Konsekvensene av dette er da at menneskets eksistens hviler på at et himmellegeme for 65 millioner år siden hadde en bane slik at det krysset jordbanen, eller ble innfanget av gravitasjonsfeltet fra jorden, slik at det traff jorden. Men dette scenariet er ikke så utrolig som det kan høres ut som, da vi vet at det ikke er uvanlig med himmellegemer som treffer jorden. Tunguskahendelsen i Sibir i 1908, var en dramatisk påminnelse om at vår ferd i bane rundt solen ikke alltid er like fredfull. Det utrolige med dette scenariet er at himmellegemet som utryd-

det dinosaurene var så katastrofalt for dinosaurene, men samtidig ikke så katastrofalt for pattedyrene som da eksisterte. Det kan virke som om katastrofen som legemet skapte da det traff jorden, og de senere virkningene av det, var akkurat slik at pattedyrene fikk sin sjanse. Hvis legemet hadde vært for stort ville virkningene av kollisjonen med jorden ikke bare utryddet dinosaurene, men også utryddet stort sett alt liv. På den annen side, hadde katastrofen vært for liten, ville dinosaurene ha overlevd og pattedyrene ville sansynligvis ikke fått noen sjanse til å bli den dominerende arten. Hvis dette scenariet er en betingelse for at jorden skal ha vesener som oss, må lignende katastrofer skje på andre jordliggende planeter for at disse skal kunne ha intelligente vesener. Dette vil nok redusere sjansene for at det finnes andre planeter med menneskelignende vesener på, og dermed også redusere antallet mulige kommuniserende sivilisasjoner i galaksen. Men er vår eksistens en naturlig konsekvens av utviklingen av livet, slik at menneskelig vesener er uunngåelig i evolusjonen, da øker trolig sjansene for at det kan finnes planeter med liv på der ute som har utviklet vesener som ligner vår art.

f_s = Brøkdelen av f_i planetene som får kommuniserende sivilisasjoner

Her skulle man kanskje tro at $f_s = 1$, det vil si at de planetene der intelligent liv oppstår også blir planeter med sivilisasjoner som kan kommunisere med oss. Men historien har lært oss at før intelligente vesener har rukket å bygge radioteleskop kan de ha blitt utslettet av hverandre. Vi kan bare tenke på tiden rett etter andre verdenskrig da utviklingen av atomvåpnene akselererte, og verden var nær en atomkrig mellom Sovjetunionen og USA. Resultatet av en atomkrig mellom disse stormaktene kunne ha blitt så ødeleggende at selv om ikke hele menneskeheten var blitt utryddet, kunne konsekvensene på miljøet og livet generelt ha blitt så alvorlige, at det kunne ha tatt lang tid før skadene var blitt leget. At andre intelligente skapninger må ha en utvikling fra det helt primitive til det teknologiske, virker helt naturlig, så at de også vil møte lignende hindringer som vi har møtt på vår vei til å bli en kommuniserende art, er å forvente. Vi kan i hvert fall være sikker på en ting, at deres utvikling vil uansett være forskjellig fra vår, slik at de kan stå overfor hindringer som vi ikke vet eksisterer. Av den grunn kan vi konkludere med at planeter der intelligent

liv oppstår ikke nødvendigvis vil utvikle seg til å bli kommuniserende sivilisasjoner.

f_L = Levetiden til en sivilisasjon/ Tiden fra dannelsen av første G-stjerne

Årsaken til at vi her har skrevet ut både teller og nevner i denne siste faktoren i Drakeligningen er at i Carl Sagans skrivemåte fra "Cosmos" var nevneren hele Melkeveiens alder, det vil si fra den ble dannet til nå. Men da vi her bare har behandlet G-stjerner som eneste mulige solsystem for framveksten av intelligent liv, så kan vi ikke dele med galaksens alder, siden G-stjernene tilhører andregenerasjonsstjerner i galaksen. Vi må derfor dividere med tiden fra de første G-stjernene ble dannet til nå. Denne alderen må være mindre enn selve galaksens alder, og vi setter den lik vår stjernes alder på omkring 5 milliarder år, som da blir verdien til nevneren i brøken f_L .

Når det gjelder telleren, det vil si hvor lenge en teknisk sivilisasjon sender ut budskap om sin eksistens med radioteleskoper til den slutter å sende, er vanskelig å kunne si noe om. Vi kan selvfølgelig prøve å gjøre en kvalifisert gjetning bygget på vår egen historie om hvor lenge en sivilisasjon kan tenkes å vare. Ser vi på vår historie så forteller den oss at store kulturer varer en viss periode, så forsvinner de og andre overtar deres plass. Det har vi mange eksempler på gjennom historien fra Egypts storhetstid til Romerriket, Aztekerne, Det Britiske Imperiet og flere andre sivilisasjoner som alle krevde store tekniske utfordringer. Alle disse sivilisasjonene var dominerende i hver sine perioder av verdenshistorien, fra noen hundre år til over 1000 år. Så fra disse historiske fakta velger vi å sette 1000 år som en mulig levetid for en avansert sivilisasjon, i telleren til faktoren f_L . Men 1000 år er ikke mye på den galaktiske arenaen når vi vet at Melkeveien er rundt 100 000 lysår i diameter, så for at det skal være mulig med toveis kommunikasjon med en slik sivilisasjon må avstanden være mindre enn 500 lysår fra oss.

Andre faktorer

Vi skal avslutte denne artikkelen om ligningen til Frank Drake med å diskutere mulige faktorer, det vil si brøker, i tillegg til de 7 faktorene til Drake som

vi har diskutert. En slik mulig faktor er selvfølgelig vår måne. Det virker utelukket at livet på jorden har kunnet eksistere slik det gjør uten månen. Tidevannskraftene fra månen med sin jevne rytme og dens stabiliserende effekt på jordens akse slik at den ikke svinger for mye, tror man i dag er en av årsakene til at livet har kunnet utvikle seg slik det gjorde. Derfor blir spørsmålet om det i det hele tatt er mulig for en planet uten en stor måne å utvikle intelligent liv. Hvis dette er en betingelse for vår eksistens, blir det desto viktigere å finne ut om månen ble til under en tilfeldig kollisjon mellom jorden og en planet på kanskje Mars sin størrelse, slik vi tror i dag at månen ble dannet, eller om den ble til på en naturlig måte som et biprodukt av gassen og støvet som dannet jorden, slik vi tror månene til de fleste andre planetene i solsystemet ble dannet. Hvis kollisjonsteorien er riktig for månens eksistens, da vil en slik "månefaktor" i Drakeligningen trolig redusere antallet verdener der vesener som oss finnes. Men hvis en slik stor måne er vanlig under dannelsesprosessen til et solsystem, da vil denne månefaktoren være overflødig.

En annen mulig korreksjonsfaktor er betydningen av at dinosaurene ble utryddet. Heller ikke her vet vi helt sikkert om det var en forutsetning for at vi er her eller ikke, som vi diskuterte i forbindelsen med faktoren f_i . Men hvis det var en forutsetning, vil en slik "utrydningsfaktor" trolig redusere N , og dermed antallet kommuniserende silivisasjoner i galaksen. Vi nevnte også under vår diskusjon av faktoren n_e at store planeter som Jupiter og Saturn også trolig er helt avgjørende for vår eksistens. I 1994 da kometen Shoemaker-Levy 9 passerte Jupiter, ble den revet i stykker av tidevannskraftene til Jupiter og traff atmosfæren i flere biter. Denne hendelsen viste oss hvor viktig en gigantplanet som Jupiter er til å trekke til seg legemer som ellers kunne hatt kurs mot oss. Men vi må også være klar over at gigantplaneter kan virke med motsatt effekt, slik at de også kan trekke til seg legemer som ellers ville ha passert vårt solsystem. Likevel kan vi tenke oss en slik faktor, men den kan også vise seg og være overflødig, da de solsystemene som til nå er oppdaget alle inneholder planeter med masser flere ganger så store som jordens masse.

Vi kan også tenke oss andre faktorer som jordaksens helning i forhold til ekliptikken, solsystemets plassering i Melkeveien, magnetfeltet til jorden, driften av kontinentene på jorden og andre faktorer som vi kan tenke oss er med på å gjøre oss unike. Som vi skjønner kan vi finne et stort antall slike fak-

torer, og da vil N i Drakeligningen gå mot null bare vi tar med et stort nok antall faktorer (brøker) mindre enn 1. Dermed vil Drakeligningen ikke kunne gi oss noe estimat av antallet silivisasjoner i galaksen. Den vil ganske enkelt være meningsløs fordi den da ikke vil gi rom for andre verdener enn vår. Av dette skjønner vi at gyldigheten av Drakeligningen er avhengig av at vi klarer å finne de rette faktorene til den, og at antallet faktorer ikke blir for stort, så lenge vi antar at faktorene er mindre enn 1.

Konklusjon

Som konklusjon på vår diskusjon av de forskjellige faktorene i Drakeligningen og selve Drakeligningen, kan vi si at så lenge vi ikke vet om det har vært, eller er, noen annen form for liv på Venus eller Mars eller noen av de til nå oppdagede eksoplanetene, så er det svært vanskelig å kunne gi noen fornuftig verdi for N . I tillegg har vi også muligheten for at det er for få faktorer i ligningen, så den nåværende formen av den er bare en kvalifisert gjetning. Og hvordan faktorene avhenger av tiden har vi jo ikke engang berørt. Men finner vi liv på for eksempel Mars, eller finner spor av at det engang har vært liv der, da får Drakeligningen en helt annen betydning enn den har i dag. Det vil vise at liv ikke bare kan oppstå på en planet som jorden, men at liv er mer universelt, slik Carl Sagan trodde.

Litteratur

1. C. Sagan: *Cosmos*. Productions, Inc. (1980)
2. The Extrasolar Planets Encyclopedia:
<http://exoplanet.eu/catalogall.php>
3. B.M. Jakosky and R.J. Phillips: *Mars Volatile and Climate History*. *Nature* **412**, 237244 (2001)
4. F. Forget and R.T. Pierrehumbert: *Warming early Mars with carbon dioxide clouds that scatter infrared radiation*. *Science* **278**, 1273-1276 (1997)

∞

Sir Arthur Stanley Eddington

Det 20. århundrets store astrofysiker

Henning Knutsen *

Arthur Eddington (1882–1944) var en særdeles fargerik personlighet. Da han døde, skrev Henry Norris Russel: "Livets slutt for Sir Arthur Eddington har berøvet astrofysikken dens mest fornemme representant."

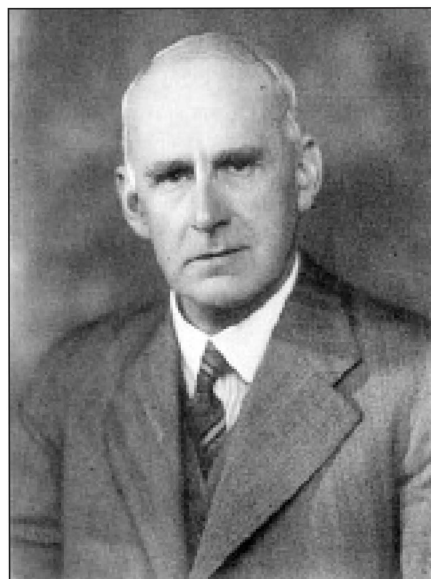
Den fremragende forskeren ble født i Kendal-distriktet i nordvest-England. Faren døde da Arthur bare var to år gammel. Den lille gutten hadde matematiske evner og interesse; han lærte seg multiplikasjonstabellen opp til 24-gangen før han kunne lese. Han greidde seg på stipendier for begavede studenter og tok slutteksamen ved universitetet i Cambridge med høyeste utmerkelse. I 1913 ble han utnevnt til professor i astronomi der. Han giftet seg aldri, og søsteren stelte huset for han. Han holdt seg i god fysisk form ved å svømme, og han var en særs ivrig syklist. Han holdt nøye regnskap med de turene han gjennomførte hver sommer. Han likte også å løse kryssord. Adelsmann ble han i 1930.

Nådeløs stabeis

Eddington var sky og ordknapp. Den danske astronomen Ejnar Hertzsprung (1873–1967) som oppholdt seg i Nederland, dro ens ærend til England for å bli kjent med Eddington. Da han kom tilbake til Leiden, flokket kollegene seg rundt han for å få kunnskap om den store astrofysiker. Hertzsprung fortalte dem: "Eddington kan si 'Ja', Eddington kan si 'Nei', og det er alt jeg er i stand til å meddele dere om Eddington."

Studentene syntes at Eddington var en tørr og kjedelig foreleser. Men når han holdt et skikkelig foredrag for et større publikum, var han alltid grundig forberedt. Disse forestillingene viste en suveren formidlingsevne, og de var et festfyrverkeri av overraskende innfall og pussig humor. En gang

startet han drastisk med å slå fast: "Jeg tror det er 15,747,724,136,275,002,577,605,653,961,181,555,468,044,717,914,527,116,709,366,231,425,076,185,631,031,296 protoner i universet." Denne grunnforskeren var ganske skråsikker på sin egen dømmekraft og sa: "Det er en god regel å ikke ha overdreven tillit til observasjonsresultatene som framlegges inntil de er bekreftet av teori."



Figur 1. Arthur Eddington, den store astrofysiker.

Eddington kunne være ganske nådeløs når hans vitenskapelige overbevisning møtte motstand. Allerede i 1919 hevdet han at energikilden til stjernene måtte være at materie i det hete indre av stjernene ble forvandlet til ren energi etter Einsteins mest berømte formel $E = mc^2$. James Jeans (1877–1946) klaget senere over at denne ideen var hans eiendom, men Eddington ga ingen ære til Jeans. Sistnevnte hevdet nemlig at det tross alt var for kaldt i stjernene til at kjernepartikler med positiv elektrisk ladning kunne komme så nær hverandre at kjernereaksjonene kunne frigjøre energi. Edding-

* Universitetet i Stavanger.

ton repliserte: "Vi argumenterer ikke med kritikeren som påstår at stjernene ikke er varme nok til denne prosessen. Vi ber han om å gå og finne et varmere sted."

Av og til dro Eddington på hesteveddeløp, og matematikeren Godfrey Harold Hardy (1877–1947) spurte om han noen gang hadde veddet på en hest. Eddington vedgikk at det hadde han, men bare én gang. Han forklarte at en gang deltok en hest ved navn Jeans i et løp. Da kunne han ikke motstå fristelsen og veddet på den. Om han vant? "Nei!" svarte Eddington med et lykkelig smil.

Senere var det astrofysikeren Edward Arthur Milne (1896–1950) som måtte tåle kritikk fra Eddington. Men Jeans, Eddington og Milne var alle tre uhyre dyktige forskere som ga viktige bidrag til astrofysikken. Den store astrofysikeren kunne være både overmodig og hovmodig. Den unge Subrahmanyan Chandrasekhar (1910–1995) fra India beregnet strukturen for hvite dvergstjerner. Dette er utbrente stjerner som ikke lenger kan leve på å frigjøre kjerneenergi. Tyngdekraften tvinger disse stjernene til å trekke seg sammen inntil det såkalte eksklusjonsprinsippet fra kvantemekanikken gjør seg gjeldende. Da kan ikke elektronene i stjernematerien presses nærmere hverandre. De hvite dvergstjernene dør svært langsomt ved å stråle ut den termiske energien sin til det iskalde verdensrommet. Det Chandrasekhar la merke til, er at elektronene i gassen ville bevege seg så raskt at klassisk fysikk ikke kan benyttes for å beskrive denne tilstanden. En må i stedet anvende Einsteins spesielle relativitetsteori. Da han gjorde det, fant han at sammenhengen mellom trykk og tetthet var en ganske annen enn den astrofysikerne hadde brukt tidligere. Fra dette fulgte det videre at stjerner som har mer masse enn omtrent 1,5 ganger massen til Sola ikke kan ende som stabile hvite dvergstjerner.

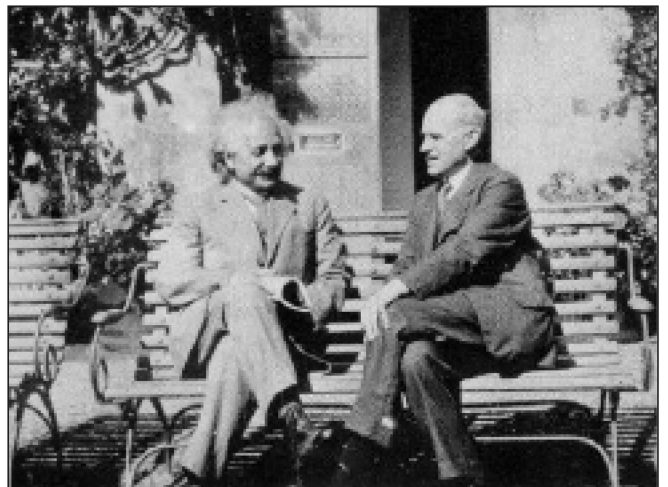
Det viste seg dessverre at Eddington ikke hadde nok vågemot og konsekvens til å godta det oppsiktsvekkende resultatet til Chandrasekhar. På et møte i Det kongelige astronomiske selskap i London brukte Eddington sin autoritet på en lite smigrende måte til å latterliggjøre Chandrasekhars konklusjon. Eddington hadde ingen skikkelige vitenskapelige argumenter å fare med, men påsto fordomsfullt at det måtte finnes et prinsipp som hindret stjernekolapsen som Chandrasekhar forutsa. På denne tiden var dette emnet ennå så ukjent at astronomene forlot møtet med en følelse av at det ikke var noen grunn til å ta Chandrasekhar på alvor. Men ettertiden har gitt den unge Chandrasekhar rett, og den

levner Sir Arthur Stanley Eddington liten ære for sin opptreden. I 1983 fikk Chandrasekhar nobelprisen for arbeidet sitt.

Eddington arbeidet fra først av med å analysere bevegelsen til stjernene i Melkevegen. Her fant han at det eksisterer to forskjellige strømminger av stjerner. Bevegelsen kunne han forklare ved at stjernene tilhører en galakse med to spiralarmer. For å holde seg stabil måtte galaksen rotere. Eddington oppsummerte pionerarbeidet i boka *Stellar Movement and the Structure of the Universe* som kom i 1914. En kan trygt si at Eddington grunnla forskningsområdet galaksedynamikk.

Einsteins kosmologi

Einsteins teori for gravitasjonsvirkning (den generelle relativitetsteori) er grunnlaget for all moderne kosmologi. Da Einstein lanserte denne teorien, ble studiet av universet som helhet anerkjent naturvitenskap. Før den tid hadde kosmologien nesten bare vært gjenstand for filosofiske og religiøse



Figur 2. Einstein og Eddington konverserer i hagen til Eddington i 1930.

betraktninger. Som alle andre var Einstein overbevist om at universet var evig og uforanderlig. Men da han i 1917 forsøkte å anvende teorien sin på universet som helhet og konstruere en modell for den ganske verden, viste det seg at det opprinnelige systemet av gravitasjonslikninger ikke tillater et statisk univers. Det er egentlig ikke så merkelig siden tyngekraftene er tiltrekkende. Et univers der materien er i ro, vil følgelig begynne å trekke seg sammen. En kunne kanskje tro at trykket fra materie og stråling kunne motstå gravitasjonskraften. For

det er jo slik at trykket mot stemplet i en gass-beholder øker når en prøver å trykke gassen sammen. I ei vanlig stjerne balanseres tyngdekraften av trykket fra gassen i stjerna. Men det er egentlig trykk-*forandringen* som her holder tyngden i sjakk. Ser en på et materielag i stjerna, virker det et stort indre trykk utover, og innover virker tyngden og et mindre ytre trykk. Men siden trykk representerer energi og dermed masse og trykket er likt overalt i universet, vil det universelle trykket faktisk øke tendensen til gravitasjonskollaps.

Einstein endret så litt på de vakre likningene sine og innførte ganske kunstig en universell, frastøtende kraft. Denne kraften var representert ved en såkalt kosmologisk konstant som kunne holde tyngdekraften i sjakk hvis den hadde en helt bestemt positiv verdi. Einstein trodde også at dette kosmologiske leddet ville medføre at ingen akseptabel kosmologisk løsning ville eksistere uten materie til stede. Denne nødvendige tilstedeværelsen av materie skulle ifølge Einstein sikre at tregheten til materien var bestemt av all materien i universet. Einstein-universet er rett nok en modell for en statisk verden i likevekt. Men modellen er ikke uten videre lett å begripe rent intuitivt. For dette universet har bare et endelig volum, men har likevel ingen grenser.

Willem de Sitter (1872–1934) hadde en ledende stilling som astronom i Leiden i Nederland. Han var matematisk orientert, men hadde i 1913 gitt et argument basert på observasjoner av dobbeltstjernesystemer som viste at lysfarten er uavhengig av hastigheten til lyskilden. Under første verdenskrig virket de Sitter som kontaktmann for fysikkmiljøene i Tyskland og England. Nederland var jo nøytralt i denne krigen. Einstein sendte arbeidene sine til de Sitter, som sendte dem videre til Eddington, som da var sekretær for Det kongelige astronomiske selskap i England. Eddington inviterte de Sitter til å skrive om den nye, radikale teorien til Einstein. Dessverre hadde de Sitter skrøpelig helse og døde til slutt av lungebetennelse.

Men de Sitter nøyde seg ikke med å formidle kosmologi. Allerede i 1917 konstruerte han en alternativ løsning til Einstein sin modell. Han beholdt den kosmologiske konstanten, og heller ikke denne modellen hadde grenser. Men de Sitter-modellen var også uten trykk og tetthet. Denne modellen var altså tom. Likevel hadde den spesielle egenskaper. Testpartikler ville nemlig oppleve en akselerert bevegelse i forhold til en observatør i ro. Einsteins modell var uten bevegelse, men med ma-

terie, mens de Sitters modell var uten materie, men med bevegelse. Da de Sitter undersøkte verdensmodellen sin ganske grundig, fant han at lyset fra fjerne galakser ville vise en rødere farge enn lyset fra nære galakser.

Relativitetsteoriens apostel

Matematikken som ble benyttet i Einsteins generelle relativitetsteori, representerte et ukjent og vanskelig språk for fysikerne. Men Eddington viste sin evne til å gripe nye og revolusjonære begreper og matematisk teknikk. Allerede i 1918 presenterte han den første fullstendige og fyldestgjørende beskrivelse av teorien som respons på en forespørsel fra Det fysiske samfunn i London. *Report on the Relativity Theory of Gravitation* heter dette skriftet. Her nevner han at tyngdefeltet til Sola vil påvirke banen til lys fra stjerner når dette stjernelyset passerer nær Sola.

Da dette fenomenet ble triumferende bekreftet, kvitterte Eddington med følgende parodi:

*Oh leave the Wise our measures to collate
One thing at least is certain, light has weight
One thing is certain and the rest is debate
Light rays, when near the Sun, do not go
straight.*

Eddington var hele sitt liv en dypt religiøs mann. Han var kveker og derfor pasifist. Følgelig skulle han egentlig interneres under første verdenskrig. Frank Dyson som var ærverdig kongelig astronom, forklarte myndighetene at Eddington skulle ta hand om planleggingen av den ekspedisjonen som skulle til Principe på vestkysten av Afrika, der det skulle være solformørkelse i 1919. Her skulle de observere om stjernelyset oppførte seg slik Einstein hevdet. Einstein kom nemlig fram til at lyset fra fjerne stjerner som passerer nær solranda på sin ferd gjennom tyngdefeltet til Sola, vil bli avbøyd med 1,75 buesekunder. Det er dobbelt så mye som Newtons tyngdelov tilsier.

Men Eddington skaffet den gode Dyson et svare strev da han var så ærlig at han i brevet til innenriksdepartementet tilføyde at han ville nekte militærtjeneste uansett. Saken roet seg, og ekspedisjonen var klar til å legge av gårde. Cottingham som ledsaget Eddington, spurte så Dyson om hva som ville skje om lyset ikke oppførte seg slik Newton sa, men heller ikke slik som Einstein ville ha det til. "Da blir Eddington gal, og du må dra hjem alene," var svaret. To forskjellige lag dro så av sted. Ett lag under ledelse av Crommelin dro

til kysten nord i Brasil, mens altså Eddington sitt lag reiste til øya Principe. Selv om værforholdene ikke var gode, fikk de det resultatet som Einsteins teori forutsa. Einstein fikk senere spørsmål om han ikke ville blitt bedrøvet om ikke målingene hadde bekreftet teorien. "Ja, da ville jeg følt medlidenhet med den gode Gud," svarte den selvsikre fysikeren. Det var resultatet fra disse målingene som gjorde Einstein verdenskjent natta over.

I 1920 publiserte Eddington den populærvitenskapelige boka *Space, Time and Gravitation*. Den kan ennå anbefales for folk som vil bli kjent med det fysiske innholdet av teorien til Einstein. Det var Eddington som først lanserte den kjente illustrasjonen til å anskueliggjøre hvordan tunge masser påvirker geometrien i rommet omkring. Han lot da rommet være representert ved en gummiduk. Oppi denne elastiske duken ble det så plassert ei massiv kule. Dermed ville duken bøyes og strekkes. Planeter i bane rundt den sentrale sola får da være små kuler som triller på duken omkring si kjære moderstjerne.

I 1923 kom så Eddington med all sin matematiske grundighet med ei skikkelig lærebok i relativitetsteori: *The Mathematical Theory of Relativity*. Flere generasjoner av fysikere har lært sin relativitetsteori fra denne boka. Den trykkes fremdeles. Så da hadde Eddington gitt sitt svar på erklæringen til Sir J.J. Thomson da han på møtet der resultatene til solformørkelsesekspedisjonen ble framlagt, hadde uttalt: "Jeg må tilstå at ingen ennå har lyktes med å fortelle i et klart språk hva teorien til Einstein virkelig er."

Eddington fortalte at da møtet ble avsluttet, kom Ludwig Silberstein bort til han og sa: "Professor Eddington, du må være en av de tre personene i verden som forstår generell relativitetsteori." Da Eddington nølte etter denne erklæringen, sa Silberstein: "Ikke vær beskjeden, Eddington." Og Eddington svarte: "Tvert imot! Jeg prøver å tenke meg fram til hvem den tredje personen er."

Omkring 1930 viste Eddington og Georges Lemaître (1894–1966) at Einsteins statiske universmodell ikke kan beskrive det univers vi befinner oss i. Selv om Einstein-universet er i likevekt, er ikke denne likevekten mer stabil enn en blyant som balanserer på spissen. Den minste bevegelse vil bringe universet til Einstein ut av likevekt, og det vil deretter kollapse eller ekspandere. I Einsteins univers må en altså liste seg på tå, og det er livsfarlig å hoste, for det kan bli avgjørende for verdens skjebne. Den kosmologiske frastøtningskraften kan ikke redde dette universet.

Einstein erklærte senere at innføringen av den kosmologiske konstanten var den største feil han hadde begått. Men Eddington var ikke enig. Han nærer en slik forkjærlighet for den kosmologiske konstant at han drastisk hevdet følgende: "Å sløyfe den kosmologiske konstanten ville slå bunnen ut av rommet." Han sa at han like lite ville sløyfe den kosmologiske konstant som han ville vende tilbake til Newtons gravitasjonsteori. Skildringen ble full av liv: "Jeg er en detektiv på jakt etter en kriminell – den kosmologiske konstant. Jeg vet han eksisterer, men jeg vet ikke hvordan han ser ut; for eksempel vet jeg ikke om han er en liten mann eller en høy mann."

Eddington avskydde at universet skulle ha en begynnelse i tiden. Den universmodellen som Eddington likte best, startet som en statisk Einsteinmodell. Siden modellen ikke var stabil, tok dette universet til å utvide seg mot et tomt kosmos beskrevet av en de Sitter-modell. Egentlig var det også mulig at det statiske universet ville begynne å trekke seg sammen. George Cunliffe McVittie (1904–1988) og William Hunter McCrea (1904–1999) viste at en enkelt kondensasjon ville føre til en fortløpende kontraksjon av Einstein-universet. Men McVittie fant litt senere at en tilfeldig fordeling av mange fortetninger heller ville føre til en ekspansjon enn til en kontraksjon. Det er særlig i den populærvitenskapelige boka *The Expanding Universe* fra 1933 at Eddington viser sin begeistring for den kosmologiske konstanten. Den boka er det fremdeles en fornøyelse å lese.

På et møte i London 10. januar 1930, sa Eddington rett ut at siden både den kosmologiske modellen til Einstein og løsningen til de Sitter ikke på noen måte kunne beskrive det univers vi lever i, burde en studere ikke-statiske modeller. De Sitter var til stede på dette møtet, og han var enig med Eddington. Det var den unge McVittie som Eddington først satte på denne oppgaven, og de arbeidet sammen med å undersøke om Einstein-universet er stabilt. Lemaître leste rapporten fra møtet i London, og han nølte ikke med å skrive til Eddington og minne han på at han i sitt arbeid fra 1927 nettopp hadde behandlet en slik ikke-statisk løsning som Eddington nå etterlyste. Eddington tilstod ganske skamfull for McVittie at han nok hadde sett artikkelen til Lemaître, men at han hadde glemt den fullstendig. Eddington brukte nå den innflytelsen som han hadde, og sørget for at arbeidet til Lemaître ble oversatt til engelsk. I 1931 stod det på trykk i den gjeveste britiske astronomijour-

nalen *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. På norsk lyder tittelen på artikkelen: "Et homogent univers med konstant masse og økende radius som gjør greie for radialhastigheten til de ekstra-galaktiske tåkene." Autoriteten til Eddington forvandlet Lemaître til en respektert berømt het.

Stjernefysikk

Den mest betydningsfulle og varige vitenskapelige innsatsen til Eddington var studiet av stjernestruktur. Eddington var den virkelige grunnleggeren av forskningsfeltet *astrofysikk*. I 1916 ville Eddington prøve å forstå mekanismen til de variable stjernene som kalles *cepheider*. Dette er stjerner der lysstyrken varierer periodisk med tiden. Når en da observerer perioden, kjenner en straks hvor mye energi disse stjernene stråler ut pr. tidsenhet. Siden lyset fra ei stjerne brer seg ut over stadig større områder, kan en finne hvor langt det er til disse cepheide-stjernene. De tjener nå som særdeles viktige avstandsmålere i kosmos. Eddington mente at cepheidene pulserer. De utvider seg til en maksimal størrelse; deretter trekker de seg sammen til et minste-volum. Lysstyrken vil variere i takt med pulsasjonene. Men Eddington forsto snart at han først måtte få på plass en skikkelig teori for statiske stjerner i likevekt. Da den teorien endelig var etablert, vendte han tilbake til studiet av de ustabile cepheidene.

Eddington antok at en stjerne med en gitt masse holdes sammen av tyngdekraftene i stjerna og av trykket fra Gass og stråling. Han fant at strålingstrykket blir mer viktig desto mer massiv stjerna er. Den midlere tettheten til stjernene kan være like stor som tettheten til vann, eller til og med like tett som bly. Likevel oppfører dette stoffet som en finner ved sentralområdet til stjernene, seg som en vanlig ideell gass, som jo ganske lett kan trykkes sammen. Stjernematerien minner altså slett ikke om væsker eller faste stoffer. Dette skyldes at temperaturen der er så høy at materien er ionisert. Elektroner og kjerner er ikke lenger bundet sammen til atomer, men beveger seg temmelig fritt omkring. Da har de enkelte elektrisk ladde partiklene mye mer plass til rådighet enn når materien er elektrisk nøytral.

Eddington tok for gitt at energien produseres ved det hete sentralområdet og fraktes mot overflata av stjerna som stråling. Han måtte også finne en sammenheng som viste hvordan strålingen vekselvirker med materien på vegen utover i de

øvre lagene av stjerna. Det betyr at han måtte klargjøre hvor ugjennomsiktig stjernematerien er. Han oppnådde en vakker *sammenheng mellom massen til ei stjerne og lysstyrken til stjerna*. Dette greidde han uten å ha intim og detaljert kunnskap om hvilke prosesser som frigjør energi ved sentret.

Han fant også at energien bruker omtrent 10 millioner år før den når overflata av stjerna. Om Sola hadde sluttet å produsere energi i sitt indre den gang de første apeliggende mennesker reiste seg på to, ville altså først nåtidens mennesker bli rammet av katastrofen. Han fant også at det finnes ei grense for hvor massive stjerner kan være. For stjerner som er skikkelige tungvektre, blir strålingstrykket så stort at de øverste materielagene blåses bort som en kraftig stjernevind. Dette teoretiske resultatet bekreftes av naturen. Stjerner som er mer enn hundre ganger så tunge som Sola, er uhyre sjeldne.

Eddington gjorde greie for denne tankegangen sin i boka *The Internal Constitution of the Stars*. Den ble utgitt i 1926 og er fremdeles en klassiker som enhver astrofysiker med selvspekt må lese. Året etter skrev Eddington ei populærvitenskapelig bok om dette emnet. Tittelen er: *Stars and Atoms*, og den kom også i dansk språkdrakt.

Religion og vitenskapsfilosofi

Eddington beholdt sin religiøse barnetro. Han stilte seg meget avvisende til å tuft religion på vitenskap. Han mente at vårt eventuelle forhold til en åndelig verden måtte være rent personlig, og gudsbevis var uten betydning. "I vitenskap så vel som i religion lyser sannheten og viser oss vegen. Vi spør ikke om å oppnå den, det er bedre at vi har lov til å søke," hevdet han. Han våget faktisk å legge fram sin alvorlige overbevisning i den vesle boka *Science and the Unseen World*, som kom i 1929.

Eddington trodde at virkeligheten i siste omgang var "åndelig". Han ble overbevist om at han kunne løse mange vanskelige problemer i fysikken ved rent resonnement. Folk fikk en forsmak på denne tankegangen i boka *Relativity Theory of Protons and Electrons*, publisert i 1936. Han ble oppatt av meget mystiske spekulasjoner og mente å finne fram til at forholdet mellom massen til protonet og massen til elektronet var viktig for antall partikler i universet og ekspansjonsfarten til universet. Disse frie fantasiene finnes i den siste boka hans, *Fundamental Theory*, som ble publisert to år etter at Eddington var gått inn i evigheten. Det er de som mener at innholdet her nærmest kan betraktes på

lik linje med at Newton syslet alvorlig med alkymi. Men Newton var i alle fall så forsiktig at han ikke spolerte sitt vitenskapelige ry ved å publisere slike ville ideer.

Den godeste Eddington skrev tre solide bøker som representerer spennende underholdning for folk som har interesse for metafysikk og naturvitenskapelig filosofi. Det er *The Nature of the Physical World* (1928), *New Pathways in Science* (1935) og *The Philosophy of Physical Science* (1939). Her drøftet han blant mye annet hva det beror på at tiden har en utvilsom retning. Han ga en god karakteristikk av at tiden bare går framover. Han betegnet det med at universet har en tidspil. Han hadde en særdeles stor respekt for kravet om at alle systemer som blir overlatt til seg selv, vil gå mot uorden og utjevning. Denne loven er kjent som termodynamikkens 2. hovedsetning. Eddington erklærte: "Om noen påpeker for deg at yndlingsteorien din for universet ikke stemmer med Maxwells likninger – da er det så mye verre for Maxwells likninger. Hvis den viser seg å bli motsagt av observasjoner – vel, disse eksperimentatorene klusser med tingene av og til. Men hvis teorien din viser seg å være i strid med termodynamikkens 2. lov, kan jeg ikke gi deg noe håp. Den får bare kollapse i dypeste ydmykelse." Og han hadde sans for tilfeldighetenes spill og kvitterte:

*There once was a brainy baboon,
Who always breathed down a bassoon,
For he said, "It appears
That in billions of years
I shall certainly hit on a tune."*

Eddington sa fra at han ikke var noen tilhenger av den sykliske teorien for universet som den gang nøy en viss popularitet. Ifølge den teorien lever universet som en Fugl Fønix. Det fødes i en super-eksplosjon og lever sitt mangfoldige liv der det ekspanderer mot en maksimal størrelse. Deretter faller det sammen til ei veldig ildmørje. Så blir det gjenfødt og starter en ny livssyklus. Men Eddington syntes ikke om denne filosofiske ideen. Han følte at universet burde ekspandere fra en ustabil tilstand og fullføre en mektig plan for utvikling. Når universet endelig hadde fullendt det som kunne oppnås, ville det falle tilbake til et kaos uten forandring. Eddington mente det ville være ganske tåpelig å fortsette å utføre selvsamme bedrift om og om igjen i all evighet.

∞

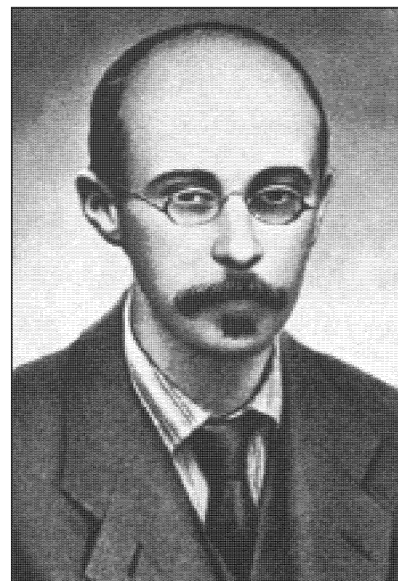
Fra Fysikkens Historie

Aleksandr Friedmann – meteorologen som satte fart på universet

Denne artikkelen er tilegnet minnet om min kjære kollega og muntre venn sivilingeniør Arne Munch Ellingsen.

Vi lever i et veldig univers preget av ro og uforanderlighet. På den tause nattehimmelen glitrer de stille stjerner og ødsler sitt milde lys. Verden er til fra evighet til evighet. Slik var vårt umiddelbare verdensbilde grunnlagt på erfaring og overbevisning. Selv den visjonære og revolusjonære fysiker Albert Einstein mente at selve rommet måtte være i ro. Kosmos selv måtte være statisk og uten bevegelse.

Den første som virkelig greidde å befri seg fra gammel vanetenkning om et uforanderlig univers, var russeren *Aleksandr Aleksandrovich Friedmann* (1888–1925) (figur 1). Han kom fram til at uni-



Figur 1. Aleksandr Friedmann som konstruerte universmodeller med ekspansjon.

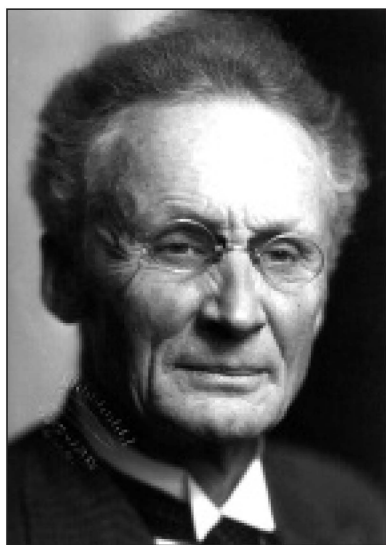
verset utvider seg. Han maktet å behandle Einsteins likninger rent matematisk ved å betrakte en universmodell der materien består av støv. Det er ensbetydende med at materien er uten trykk. Men han beholdt den kosmologiske konstanten til Einstein. Arbeidet til Friedmann avslørte at universet faktisk kan ha en endelig alder og dermed en slags tilblivelse.

Denne Aleksandr Friedmann var en begavet og allsidig forsker. Han ble født 16. juni 1888 i St. Petersburg, og der fikk han sin utdanning. Sammen med vennen Yakov Tamarkin skrev han et skikkelig matematisk arbeid om såkalte Bernoullitall allerede mens de var elever ved gymnaset. Undersøkelsen ble akseptert av David Hilbert (1862–1943) som var verdens ledende matematiker. I 1906 ble artikkelen publisert i volum 62 av det ærverdige og prestisjetunge tidsskriftet *Mathematische Annalen*. I 1905 var det revolusjon i Russland, og de to vennene var studentledere for streiken i protest mot regjeringens undertrykkelseslover mot skolene.

Mens Friedmann drev på med sitt magisterstudium, underviste han ved instituttet for gruvedrift og ved instituttet for ingeniørvitenskap for jernbane. Han skrev en glimrende artikkel med tittel *Om teorien for fly*, og fikk invitasjon til å arbeide ved Pavlov aerologiske observatorium.

Friedmann giftet seg med Ekaterina Dorofjeva i 1911, og da måtte han søke om tillatelse fra rektor ved universitetet. Det hører med til historien at det ble søkt om pensjon til hans kone da Friedmann døde allerede i 1925. For hun hadde gjort en stor innsats i forbindelse med oversettelse og korrekturlesing av artiklene til mannen sin.

I 1914 ble Friedmann sendt til Leipzig for å studere hos Wilhelm Bjerknes (figur 2), som var verdens ledende meteorolog på denne tiden. Nordmannen var blitt kallet til ærefullt professorat i Tyskland. Her skrev Friedmann et vitenskapelig arbeid sammen med den norske studenten Theodor Hesselberg. Undersøkelsen ble først publisert etter utbruddet av første verdenskrig.



Figur 2. Friedmann var en tid student hos Wilhelm Bjerknes og forble hans gode venn.

Under krigen meldte Friedmann seg som frivillig til striden og virket som krigsflyver ved fronten. Heller ikke under slike omstendigheter fornektet forskeren seg. Det finnes et brev fra Friedmann til Steklov der han ber om råd for å integrere de matematiske likningene han hadde satt opp for å finne banen til bombene som ble sluppet fra flyet. Steklov var nemlig hans gamle matematikklærer og hadde skrevet rosende anbefalinger for Friedmann. Da russerne beleiret festningen ved Przemyśl i det som nå er den sørøstlige delen av Polen, var vågehalsen Friedmann med. Han fant med tilfredshet at bombene falt der de skulle. Teorien hans var riktig og ble triumferende bekreftet.

Senere ble Friedmann leder for luftnavigasjonen på alle fronter, og han foreleste ved flyverskolen i Kiev. Da bolsjevikene grep makten, ble Friedmann utnevnt til professor ved det nyopprettede universitetet i Perm ved Ural fjellene. Men der raste borgerkrigen, og de hvite tsartilhengerne inntok byen i slutten av året 1918. En professor anklaget da Friedmann for at han hadde spilt på lag med sovjetmyndighetene. Senere vedtok universitetskollegiet en appell til utenlandske universiteter om at Russland led under bolsjevismen. Men Friedmann stemte mot denne appellen, og i august 1919 var Perm igjen på de rødes hender.

Våren 1920 vendte Friedmann tilbake til Petrograd der han var utnevnt til professor ved det geofysiske instituttet. Men han nøyde seg ikke med den stillingen. Han foreleste matematikk og mekanikk ved universitetet i byen, var også professor i fysikk og matematikk ved det polytekniske instituttet og arbeidet ved Institutt for ingeniørvitenskap for jernbane, ved Marineakademiet og ved Institutt for optikk. Magisteravhandlingen gjorde han endelig ferdig i 1922. Den bærer tittelen: *En kompressibel væskes hydromekanikk*.

På denne tiden ble Friedmann interessert i gravitasjonsteorien til Einstein. Han ga et kurs i tensoranalyse, og sammen med V.K. Frederiks publiserte han fagboka *Relativitetsteoriens grunnlag*. I 1923 skrev han ei mer populær bok som fikk hete *Verden som rom og tid*. Det første solide forskningsarbeidet ble publisert i den velrenomerte vitenskapelige journalen *Zeitschrift für physik*. I 1922 stod arbeidet på trykk i bind nr. 10 og bar tittelen *Om rommets krumning*. Dette er altså pionerarbeidet der Friedmann påpeker at geometrien til universet kan forandre seg over tid. Men artikkelen fikk ingen god mottagelse. Selveste Einstein skrev en notis i journalen der han påstod at løsningen til Fried-

mann ikke oppfylte de fundamentale likningene til gravitasjonsteorien. Friedmann skrev da et brev til relativitetsteoriens ærverdige fader der han la fram regningene sine i stor detalj. Dessverre var Einstein på reisefot på denne tiden, så svar lot vente på seg. Men russeren Ya. A. Krutkov traff Einstein hos Ehrenfest i Leiden, da mesteren var kommet tilbake fra reisen. Han gjorde Einstein oppmerksom på brevet fra Friedmann, og Einstein gikk med på at han selv hadde begått en matematisk feilslutning. Dette berettet han om i en ny notis i journalen, og han sa at løsningen til Friedmann var korrekt og klargjørende. Når sant skal sies holdt Einstein på å gjøre en ny bommert. I beklagelsen skrev han opprinnelig at Friedmann sitt arbeid var matematisk korrekt, men uten fysisk betydning. Den setningen ble heldigvis strøket før notisen gikk i trykken. I sitt neste og siste arbeid om kosmologi (*Om muligheten for en verden med negativ romkrumning*) som kom i samme journal i 1924 i bind nr. 21, viser Friedmann at det er mulig at rommet har en geometri som minner om en sadel. I det første arbeidet sitt hadde han behandlet kulegeometri.

I 1923 besøkte Friedmann Tyskland, og han var i Oslo og traff Bjerknes og Hesselberg. Men på denne tiden hadde han det ikke bare godt. Han hadde skilt seg fra sin hustru for å gifte seg med en ung medarbeider fra observatoriet. Han hadde så vond samvittighet overfor sin tidligere kone at han av og til ble grepet av selvmordstanker. Men vågemotet var der. Den 18. juli 1925 foretok han meteorologiske undersøkelser ved oppstigning med ballong og satte høyderecord, 7400 m.

Han dro så til Krim for å treffe sin unge hustru, Natalia Malinina. De var nok formelt gift, men ønsket å gjøre båndet sterkere ved en religiøs seremoni. Natalia var gravid, og hun fødte en sønn. Friedmann fikk aldri se sønnen. Da Friedmann kom tilbake til Leningrad, følte han seg meget uvel. Han hadde pådratt seg tyfus og gikk bort bare 37 år gammel. Natalia leste i avisen på toget hjem at mannen hennes var død.

Grunnen til at de kosmologiske arbeidene til Friedmann gikk nokså upåaktet hen, var muligens at de ble oppfattet som ren teori. Friedmann kom ikke med noe forslag om hvordan arbeidene kunne settes i forbindelse med observasjoner av det store kosmos. Men i 1929 oppdaget Edwin Hubble at lyset fra de fjerne galakser er mer rødfarget enn lyset fra galakser som er nær oss. Dette betyr at galaksene beveger seg vekk fra oss, og de mest fjerne galaksene beveger seg raskest. Den aksepterte tolkningen er

nå at selve rommet utvider seg og tar galaksene med seg under ekspansjonen. Teorien til Alexandr Friedmann var altså selve fundamentet for den største astronomiske oppdagelsen i det 20. århundre.

Henning Knutsen
Universitetet i Stavanger

∞

Fysikknytt

Første data fra Planck-romobservatoriet

Planck-observatoriet skal observere temperaturvariasjoner i den kosmiske mikrobølgebakgrunnsstrålingen med en nøyaktighet på omtrent en milliondels grad. Også polarisasjonen til strålingen vil bli observert.

Observatoriet ble plassert i bane 14. mai 2009, og begynte å observere regelmessig 14. august. De første observasjonsresultatene ble offentliggjort 17. september og er basert på sammenhengende observasjoner frem til 27. august. Foreløpige analyser tyder på at instrumentene svarer til forventningene. Observasjonene vil nå fortsette i minst 15 måneder.

Disse observasjonene gir oss utsikt til tiden 400 000 år etter Kjempesmellet. Før den tiden var universet tåket for denne strålingen fordi det var så mange elektroner i det kosmiske plasmaet som fotonene vekselvirket med. Men 400 000 år etter Kjempesmellet var strålingens temperatur sunket til omtrent 3000 K, og var blitt lav nok til at fotonene ikke lenger slo i stykker nydannede hydrogen- og heliumatomer. Universets første atomer ble da dannet, og flesteparten av de frie elektronene ble fanget i atomene. Dermed letnet tåken, og universet ble gjennomskiktig. Så strålingen som observeres med Planck-observatoriet, har beveget seg uforstyrret gjennom universet i over 13 milliarder år. Vi har fått et vindu til universets barndom.

Det viser seg at utsikten gir en mengde informasjon om universets egenskaper. NASA sitt WMAP-romobservatorium har hittil gitt oss de mest nøyaktige målingene av temperaturvariasjonene. De har fortalt oss at den romlige geometrien til universet er så nær euklidisk at det ikke har vært mulig å måle noe avvik. Det betyr at uni-

versets totale energi og materie har kritisk tetthet $\rho_{kr} = 3H^2/8\pi G$, der H er hubbleparameteren som forteller hvor raskt universet ekspanderer, og G er Newtons gravitasjonskonstant. Nøyaktige målinger blant annet ved hjelp av Hubble-romteleskopet, har vist at $H = 22$ km/s per millioner lysår. Det betyr at for hver million lysår avstanden øker, vokser ekspansjonshastigheten med 22 km/s. Innsetting av verdiene til H og G i formelen ovenfor, gir en kritisk tetthet $\rho_{kr} = 10^{-26}$ kg/m³.

Andelen av all energi og materie i universet som er av typen baryonisk materie, dvs. som består av protoner og nøytroner i tillegg til elektroner, er bare omtrent 4 % av den kritiske tettheten. Der- som universet er homogent i stor skala, dvs. at det ikke er noen forskjell på tilfeldige "terninger" i uni- verset med sidekant på omtrent en milliard lysår, forteller observasjonene av temperaturvariasjonene i den kosmiske bakgrunnsstrålingen at det er seks ganger så mye mørk materie som ingen vet hva er for noe, og nesten 18 ganger så mye mørk energi som også er av en ukjent type.

Observasjonene forteller også noe om egen- skapene til den mørke energien. Den ser ut til å være slik at det ikke er mulig å måle jordas hastighet gjennom den mørke energien. Dette uttrykkes mer teknisk ved å si at alle egenskapene til den mørke energien ser ut til å være lorentzinvariante. Jeg har prøvd å innføre betegnelsen LIVE (Lorentz Invari- ant Vakuum Energi) for denne typen mørk energi. Tettheten til denne energien kan representeres ved den såkalte kosmologiske konstanten, Λ , i Einsteins feltlikninger.

Alle disse egenskapene ved universet vil bli bestemt med bedre nøyaktighet enn tidligere ved hjelp av Planck- observatoriet. Norske forskere vil være med å tolke disse presisjonsdataene. Kanskje kan de hjelpe oss til å finne ut hva den mørke en- ergien er for noe?

Øyvind Grøn

∞

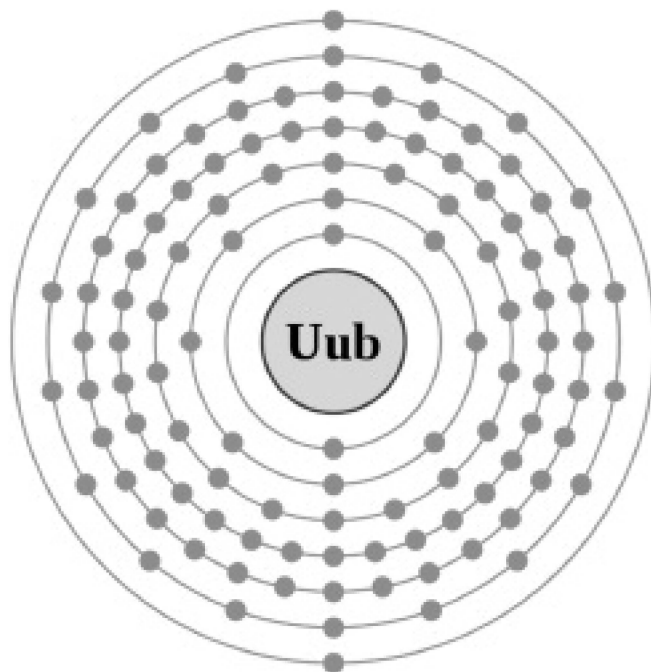
Grunnstoff nr. 112 kalles trolig copernicium

Til ære for astronomen Nicolaus Copernicus (1473–1543) har teamet som først produserte dette foreløpig tyngste grunnstoffet foreslått å kalle det for copernicium med symbol Cp.

Dette grunnstoffet ble produsert for 13 år siden under ledelse av professor Sigurd Hofmann ved GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung i Darmstadt i Tyskland. Men først i år har In- ternational Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC, bekreftet oppdagelsen av grunnstoffet. I omtrent et halvt år fremover vil IUPAC ha en høring før navnet blir offisielt vedtatt.

Copernicus ble født i 1473 i Torun i Polen og døde i Frombork i 1543. Han argumenterte for at det gamle verdensbildet med jorda i sentrum måtte forlates, og at jorda går i bane rundt sola. Dette ble fulgt opp av Johannes Kepler (1571–1630) som brukte datidens mest nøyaktige planetobser- vasjoner, foretatt av Tycho Brahe (1546–1601), til å komme frem til sine tre lover for planetbeveg- elser. Isaac Newton (1642–1726) viste at disse kunne forklares som et resultat av virkningen av solas tiltrekkende gravitasjonskraft på planetene. Dette banet veien for det verdensbildet vi har i dag.

Solsystemet med planetene i baner rundt sola ble en modell for atomene der de negativt ladde elektronene går i baner rundt en positivt ladd atom- kjerne. I copernicium går 112 elektroner i baner rundt atomkjernen, se figur 1.



Figur 1. Grunnstoff 112. Foreløpig heter det ununbium.

Grunnstoffet 112 er det tyngste stoffet i det pe- riodiske systemet, 286 ganger tyngre enn hydrogen. Det ble laget ved å skyte sinkioner mot bly i en 120 m lang partikkelakselerator. Da fusjonerte de to grunnstoffene, og grunnstoff nr. 112 oppsto. Det

er svært radioaktivt. Den mest stabile isotopen har en halveringstid på 34 sekunder.

GSI-akseleratoreksperimentene har ledet til oppdagelsen av de seks tyngste grunnstoffene i det periodiske systemet med atomnumre fra 107 til 112. De fem første av disse har fått offisielle navn: Nr. 107 kalles bohrium, Bh, etter den danske fysikeren Niels Bohr, nr. 108 kalles hassium, Hs, etter delstaten Hessen i Tyskland der forskningsinstitusjonen GSI ligger, nr. 109 kalles meitnerium, Mt, etter den østerrikske fysikeren Lise Meitner, nr. 110 kalles darmstadtium, Ds, etter den tyske byen Darmstadt der DSI ligger, og nr. 111 kalles roentgenium, Rg, etter den tyske fysikeren Wilhelm Conrad Röntgen.

Øyvind Grøn

∞

Hva skjer

Fysikkolympiaden 2009 gav strålende resultater

De norske resultatene fra den internasjonale fysikkolympiaden i år er de beste vi har hatt. Vi fikk to bronsemedaljer og én hederlig omtale!

Merida i Mexico var vertsby. Merida ligger på Yucatan-halvøya, litt innenfor kysten mot Mexico-gulven. Området rundt er flatt med lavtvoksende jungel. Der finnes ingen elver eller innsjøer, og vann kan kun samles opp i naturlige, underjordiske bassenger. Det mest spennende var likevel alle minnesmerkene etter mayakulturen. Vi fikk se to store tempelbyer fra mayakulturens blomstringstid, Chichn-Itza og Uxmal. Begge har imponerende pyramider med templer på toppen, flotte palasser, og til og med plasser for et ballspill som var viktig for mayaene. Mayaenes interesse for matematikk og astronomi gjør jo slike besøk ekstra spennende. Fem norske elever og to ledere deltok på et spennende og profesjonelt arrangement. Knut Andreas Meyer fra Danielsen vgs. og Eirik Løhaugen Fjærbu fra Vågsbygd vgs. fikk begge bronsemedalje, og Runar Skålbones fra Bodø vgs. fikk hederlig omtale. I tillegg deltok Hans Olaf Hågenvik fra Skeisvang vgs. og Olav Willumsen Haugå fra Vågsbygd vgs. Øyvind Guldahl og Carl Angell var ledere. Elevene ble tatt godt hånd om av en guide døgnet



Figur 1. Deltakerne med ledere og guide. Foran fra venstre: Daniel (guide), Hans Olaf Hågenvik og Olav Willumsen Haugå. Bak fra venstre: Øyvind Guldahl (leder), Runar Skålbones, Eirik Løhaugen Fjærbu, Knut Andreas Meyer og Carl Angell (leder).

rundt. Vi som ledere var engasjert i diskusjon av oppgavene, oversetting av oppgavene til norsk og retting av de norske elevenes besvarelser.

Elever fra videregående skoler i 72 land deltok. Det var opprinnelig meldt på 87 land, men noen valgte å trekke seg på grunn av svineinfluensaen. Det viste seg imidlertid ikke å bli noe problem.

Totalt ble det utdelt 41 gullmedaljer, 79 sølvmedaljer, 78 bronsemedaljer og 45 hederlige omtaler. De 10 % beste får gull, grensen for sølv går ved 25 %, grensen for bronse er 50 % og for hederlig omtale 67 %. Våre to bronsemedaljevinnere var altså blant den beste halvdelen av deltakerne.

For første gang ble en jente den aller beste. Hun heter Handuo Shi og kommer fra Kina. Alle de fem kineserne kom for øvrig blant de 18 beste. Ellers er mange asiatiske land representert blant gullmedaljevinnerne. Også elever fra USA og Øst-Europa gjorde det bra. Det er imidlertid et tankekors at ingen fra Vest-Europa fikk gullmedalje.

Alle de beste elevene har et omfattende treningsprogram bak seg med spesielle undervisningsopplegg over lang tid. For mange av landene, og særlig de asiatiske, er det meget høy prestisje knyttet til fysikkolympiaden. De norske elevene har riktignok gått gjennom tre uttakingsrunder og en ukes kurs på UiO, men dette er ganske ubetydelig sammenlignet med hvordan f.eks. kinesiske elever får forberede seg. Desto mer imponerende fremstår innsatsen til de norske elevene, og de var veldig godt motivert. På reisen over til Mexico ble mange fysikkoppgaver løst, og jeg har aldri før sett noen løse fysikkoppgaver i en sikkerhetsskø, men det skjedde under mellomlanding i Mexico City!

Oppgavene

Olympiadefinalen består av en teoretisk og en eksperimentell prøve. Den første teoretiske oppgaven handlet om at avstanden mellom jorda og månen øker. Dette skjer fordi et kraftmomentet som skyldes tidevannskrefter overfører spinn fra jorda til månen. Oppgaven bestod av mye grunnleggende rotasjonsmekanikk, og selv om det ikke er pensum for norske elever, fikk våre deltakere til ganske mye.

Oppgave to handlet om å utvikle en enkel teori for fenomenene "laser cooling" og "optical molasses". Problemet som omtales var en del av Nobelprisen i fysikk i 1997. Dette ble vanskelig for våre elever, særlig fordi det aller første spørsmålet handlet om resonansbetingelser for fotonabsorpsjon.

Oppgave tre handlet om hvorfor stjerner er så store. I oppgaven skulle elevene bruke begreper både fra klassisk mekanikk, kvantemekanikk, elektrostatiske og termofysikk til å forstå hvorfor stjerner må være store nok til at fusjonsprosesser kan foregå. De ble også bedt om å utlede hva som vil bli massen og radien til den minste stjerne som kan fusjonere hydrogen. Runar satset nesten all tid på denne oppgaven og ble belønnet med 8,5 av 10 mulige poeng.

Det var to eksperimentelle oppgaver som begge handlet om optikk. Den første gikk ut på å bestemme bølgelengden for en diodelaser. Det spesielle med eksperimentet var at det ikke skulle brukes noe ferdiglaget gitter, men en skulle gjøre målinger på interferensmønsteret bak kanten på et barberblad. Det var store utfordringer både av teoretisk og praktisk art, og ikke minst en fornuftig usikkerhetsregning stilte store krav til elevene. Her gjorde Knut det utrolig bra. Han fikk 9,7 poeng av 10 mulige. Eksperiment to handlet om dobbeltbrytning i en krystall. Dette var heller ikke lett!

Oppgavene i den internasjonale finalen er svært utfordrende og krever også at en setter seg inn i helt nytt stoff som kan være både omfattende og vanskelig. Teksten til den teoretiske prøven i år var på 18 sider!

Oppholdet

Både elevene og lederne hadde et strålende opphold. Spesielt vil jeg fremheve den fine kontakten våre elever får med ungdommer fra en rekke ulike land, og hvordan de får oppleve forståelse for hverandre på tvers av kulturgrenser. Fysikkolympiaden kan dermed også være med på å gi ungdom større forståelse for hverandre i en urolig

verden. En av våre deltakere har skrevet dette til oss:

Takk for en super tur. Det er et minne for livet uten tvil. Videre er det vel ikke annet å si enn at det var en super tur som inneholdt alt fra interessante foredrag til avslapning på stranden. Det var også gøy å prøve seg på oppgaver som var langt utover det som er vanlig for oss her i Norge på vår alder. Men aller best var det nok å bli kjent med masse nye likesinnede folk fra forskjellige land, og også alle de kulturelle stedene vi var på.

Oppgavene med løsninger og resultater finnes på <http://ipho2009.smf.mx/home/> Mer informasjon finnes på <http://www.fys.uio.no/skolelab/fysikkol/>

Carl Angell

∞

Bokomtaler

Helge Kragh: *Entropic Creation. Religious Contexts of Thermodynamics and Cosmology.* Ashgate, 2008. ISBN 978-0-7546-6414-7 (272 sider). 825 kr.

"Verd'ner forgår og oppstår"

"Et menneske kommer til verden – en ånd daler ned på jorden, den roter en støvsky op omkring sig, tar støv på og sleper det rundt. Når dens tid her nede er omme, legger den atter støvet av og vender tilbake i det eviges favn." Mer gripende enn Gabriel Scott har vel knapt noen maktet å skildre menneskets vorden, virke, livsløp og endelikt. Men mennesket er kun et ubetydelig fnugg i det veldige universet. Gjenspeiler menneskets skjebne hva som vil skje med selve verdensaltet?

Religion og filosofi har undret seg og grublet over denne umåtelige gåten. Gjerne hevder de bastante påstander om hvordan verden må være innrettet med mål og hensikt. Naturvitenskapen er mer beskjeden. Den nøyer seg med å lete etter "byggesteinene" for kosmos og hvilke lover som bestemmer hvordan universet forandres.

Helge Kragh som er professor ved Institutt for Videnskapsstudier ved Universitetet i Århus i Danmark, har nå gitt ut ei solid bok som legger fram og drøfter kontrovers og strid blant de boklærde i årene 1850–1920 i forbindelse med konsekvensene av

termodynamikkens 2. lov. Kragh er en vitenskaps-historiker av ypperste klasse, og i den nye boka *"Entropic Creation. Religious Contexts of Thermodynamics and Cosmology"*, viser han virkelig hvilken stor kunnskap han sitter inne med.

Energibegrepet ble avklart, og den fundamen-tale første loven om konservering av energien for et isolert system ble oppfattet og forstått i første fase av den tiden Kragh skildrer. Men industrien tok dampmaskiner i bruk, og under arbeidet med å forstå deres prinsipper og virkemåte kom en ny lov fram. Rudolf Clausius formulerte denne loven ved å fastslå at varme aldri strømmer av seg selv fra et kaldt legeme til et varmt legeme. Lord Kelvin ga den likeverdige formuleringen om at det er umulig å omforme den termiske energien hos et legeme til mekanisk arbeid om det ikke finnes kaldere om-givelser. Derfor kan en ikke benytte energien i godt og varmt havvann til å drive et skip framover.

Deretter fant Clausius fram til den viktige fysis-ke størrelsen som fysikerne benevner som entropien til et system. For et isolert system er bare de pros-esser tillatt der entropien aldri avtar. Dette er ens-betydende med at for alle system som blir overlatt til seg selv og sitt, vil det skje en utjevning. Når kokende vann kommer sammen med iskaldt vann, vil resultatet være en lunken blanding. Det betyr faktisk at tilstanden til systemet blir mer og mer uordnet.

Men verden som helhet er virkelig isolert, for det finnes det ikke noe utenom. Om vi anvender den ubønnhørlige loven om uorden og utjevning på selveste universet, vil det da faktisk medføre at kos-mos i det lange løp vil nærme seg en slags varmedød, der intet lenger skjer? Og hvis verden har vært til fra evighet, hvorfor er ikke varmedøden allerede et faktum? Siden det så visst ikke er tilfelle, må vel det bety at vår verden bare har eksistert en begrenset tid? Dette må igjen medføre at denne beste av alle verdener har en opprinnelse i tiden, preget av beun-dringsverdig orden. Kan vi videre konkludere med at en ufattelig skaper trakk opp klokken i univer-set, mens tiden nå sakte, men sikkert rinner ut?

Kragh forteller i kronologisk rekkefølge hvor-dan ymse skriftlærde svarte på disse grunnleggende spørsmålene. Noen hevdet at termodynamikkens 2. lov bare er gyldig for de høyst begrensede systemer vi kan betrakte i virkelighetens verden. De mente at universet som helhet ikke er noe akseptabelt objekt for slike betraktninger. En slik drastisk utvidelse av erfaringen er rett og slett meningsløs. Læren om årsak og virkning kan ikke benyttes på kosmos.

Andre fastslo at selv om tidens vitenskap hadde uoverkommelige vanskeligheter med å forklare hvor-dan materien i universet kunne framkomme av det tommeste intet, så er det ikke god nok grunn til å hevde at denne oppstandelsen av innhold med orden er noe overnaturlig. Det er en skrøpelig religion og verdensoppfatning som er så naiv og grunn at den stadig må revideres når kunnskapen om naturlover blir større.

Kirkens autoriteter erklærte rett nok at det aldri kunne være noen motsetning mellom troen og for-nuften, siden åpenbaringsens Gud var opphavet til dem begge. Likevel så de seg nødt til å kreve at gode kristne aldri måtte forsvare vitenskapens kon-klusjoner om de var forkastet av kirken. Blind tro stod altså over fornuften, og mysteriene var vik-tigere enn fakta. Det er selvsagt lett forståelig at kirken kunne ta tesen om en endelig tid til inn-tekt for sitt syn på verdens skapelse og opphav. Men varmedøden for universet minner slett ikke om Åpenbaringsens tro på at verden vil oppleve en vold-som katastrofe før en tilværelse kjedelig som den evige salighet tar til å gjelde.

Det er særlig interessant å få beskrevet disse pus-sige resonnementer og påfunn som filosofer, trassige religiøse og aktive vitenskapsfolk sleit med for å få på plass en verdensoppfatning som skulle være over-bevisende og i alle fall uten selvmotsigelser. Helge Kragh har virkelig en enorm lesning bak seg, og det er ikke bare berømte navn vi møter. Her presen-teres også de dypsindige tankene til mange men-esker som glemselens slør snart ville lagt seg over. Kragh har gjort et særdeles viktig arbeid ved få dem fram i lyset og gi dem nytt liv.

Selvsagt er vitenskap og filosofi nå kommet lenger enn oppfatningen til de folk som Kragh her framstiller. Nå har en faktisk innsett at gravitasjon ikke kan settes ut av betraktning. For selv om en gass naturlig vil spre seg over alt tilgjengelig rom, "ønsker" tyngdevirkningen at materien klumper seg sammen. Men den systematiske framstillingen til Helge Kragh gir god oversikt og er lett skrevet, som god underholdning skal være. Det gjelder også når temaet slett ikke er enkelt. – Boka anbefales på det varmeste.

Henning Knutsen

Bjørn Gjevik: Flo og fjære langs kysten av Norge og Svalbard. Farleia forlag, 2009 (351 sider), 350 kr.

Professor Bjørn Gjevik er vorten emeritus (uttent), men er sanneleg ikkje utsliten. Han har kome med ei bok som i det minste skulle interessere alle som innimellom er nær, eller i, saltvatn. Her er det stoff for kvar og ein, enten ein er ute etter gode historier, berre historie, eller rett og slett lærdom om hav og straumar.

Det siste er ikkje noko merkeleg. Boka er merkt av at forfattaren har hatt dette området som forskingfelt i mange herrens år, slik at delar av boka er som ei lærebok light. Men boka inneheld langt meir enn det titelen seier, sjølv om havstraumane som er drivne av måne, sol, vind og lufttrykk er det sentrale. Vil du lære om metodar for observasjonar og simuleringar finn du det her. Og finn du det ikkje, så er der ei lang liste med nettadresser i boka som skulle kunne gje deg det du eventuelt er ute etter. Og er du sliten og kei etter dagens dont, kan du bla deg fram gjennom biletmaterialet (som er storarta), lesa litt Petter Dass, eller om du vil, lese skrekkehistorier om ulykker på havet, om stormflo og steinras frå tidlege tider til vår tid. Og kanskje om framtida: Står Operabygget i Oslo trygt der det står?

Det er haugevis med faktaopplysningar som du kan bruke i selskapslivet. Landhevinga i Oslo-regionen er fire millimeter i året. Det er flo og fjøre ikkje berre i saltvatn, men og i fjellmassene på Galdhøpiggen (med amplitude på omtrent 40 cm). Det er ingen Moskenesstraum, men derimot ein Moskstraum som fører med seg vassmasser som er det dobbelte av det Amasonas gjer. Og sjølv om gravitasjonskreftene som verkar på havet frå måne og sol er berre ein milliondel av krafta frå jordmassen, deformerer dei jorda, og dei flyttar vassmasser slik at jorda blir nedbremsa og avstanden til månen aukar smått om senn. Dei siste effektane er nå ikkje så viktige for oss som her går. Det tok bortimot 400 millionar år før døgeret vart to timar lenger. Og slik som folk oppfører seg er vel *homo sapiens* borte før totale solmørkingar blir borte. For ein realist som skal prøve å konversere, er slike fakta sikre vinnarar. Ikkje visste eg, at på sære plassar som ved Vancouverøya og i Sortlandsundet, snur straumen berre ein gong i døgeret!

At det i tillegg er ei nyttig bok for alle som skal ta seg fram langs norskekysten, seier seg sjølv. Så eg må seia at 350 kroner for ei slik bok er eit godt kjøp.

Hallstein Høgåsen

∞

Nye Doktorer

Heidi Hindberg



M.Sc. Heidi Hindberg forsvarte 16. juni sin avhandling *Time-Frequency Characterization of Harmonizable Random Processes* for graden PhD ved UiT.

Harmoniserbare prosesser er en gruppe ikke-stasjonære stokastiske prosesser som kan representeres som en superposisjon av roterende fasorer med stokastiske infinitesimale vektorer. Ikke-stasjonære prosesser har et frekvensspektrum som varierer med tid. Dermed er det naturlig å beskrive slike prosesser i tid-frekvensdomenet.

Hindberg foreslår metoder for å estimere tid-frekvensspektra og viser hvordan denne estimatoren kan brukes for å analysere transiente signaler, deriblant to gitaropptak. Hun foreslår videre hvordan man kan estimere ambiguitetsfunksjonen, som er relatert til tid-frekvensspektret via Fouriertransformer. For prosesser med komplekse verdier vil man ha to forskjellige tid-frekvensspektre, og Hindberg viser hvordan man kan kombinere informasjonen fra disse spektrene i et koherensmål. Stokastiske differensialligninger er et spesialtilfelle av stokastiske prosesser og er et felt med mange åpne problemstillinger. Standard løsningsmetoder for differensialligninger involverer integrasjon, men stokastisk integrasjon er ikke entydig definert. Hindberg foreslår derfor å bruke tid-frekvensanalyse til å analysere stokastiske differensialligninger og presenterer teori og eksempler for slike ligninger.

Heidi Hindberg utførte doktorarbeidet med professor Alfred Hanssen som veileder og med finansiering fra Forskningsrådet. Hun jobber nå ved Norut Tromsø.

∞

Nytt fra NFS

Nye medlemmer 12. februar 2009

Gjessing, Jo; IFE, Pb. 40, 2027 Kjeller
 Jonstad, Oddbjørn; Røsslyngveien 8, 1412 Sofiemyr
 Monsen, Elen; Senter for kreftbehandling, Egsveien 100, 4604 Kristiansand
 Nielsen, Jens Tore; Lillehammer vgs., Storgt. 25, 2609 Lillehammer
 Nymo, Morten; KVT, Østre Rosten 35, 7075 Tiller
 Ødegaard, Per; Høgskolen i Narvik, 8505 Narvik
 Aanes, Magne; Inst. for fysikk og teknologi, UiB, Allégaten 55, 5007 Bergen

Nye medlemmer 27. mai 2009

Blakley, Pål David; Stavanger katedralskole, Håkon VII's gate 4, 4001 Stavanger
 Groeneboom, Nicolaas Ervik; Sem Sælendsvei 13, 0371 Oslo
 Haugen, Håvard; Institutt for fysikk, NTNU, 7491 Trondheim
 Jalarvo, Niina; FERMIO, UiO, Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
 Johnsen, Magnar Gullikstad; IFT Nordlysobservatoriet, MatNat, UiT, 9037 Tromsø
 Lümmen, Norbert; Inst. for fysikk og teknologi, UiB, Allégaten 55, 5007 Bergen
 Omland, Leif Johannes; Akademiet VGS. Langgaten 1, Pb 3223, 4398 Sandnes
 Qviller, Atle Jorstad; Fysisk institutt, UiO, Pb 1048 Blindern, 0316 Oslo
 Skjerdal, Kyrre; Inst. for fysikk og teknologi, UiB, Allégaten 55, 5007 Bergen
 Stokke, Kristian Kjærund; Nord-Østerdal vgs., Fedraheimvegen 1, 2500 Tynset
 Torgersen, Gerald; Odontologisk fakultet, Geitmyrsveien 69, 0317 Oslo
 Wehus, Ingunn Kathrine; Fysisk institutt, UiO, Pb 1048 Blindern, 0316 Oslo

Nye medlemmer 14. august 2009

Carelius, Yngvar; Rua da granja 233, 2dto, PT-3730-205 Vale de Cambra, Portugal
 Fossum, Janne-Christine; Inst. for matematiske realfag, Pb 5003, 1432 Ås
 Slørdahl, Hilde Andersen; Sygna vgs., 6899 Balestrand

Fysikermøtet 2009

Fysikermøtet 2009 ble arrangert 12.–14. august på Røros Hotell på Røros. Arrangementskomiteen med medlemmer fra Institutt for fysikk, Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet (NTNU), hadde satt sammen et spennende program for de omtrent 130 deltagerne.

Møtet begynte etter lunsj onsdag 12. august med velkomsttale fra arrangementskomiteens leder, professor Arne Brataas. Deretter fulgte 2 foredrag: "The Constants of Nature – Are They Changing?" ved John Barrow, Cambridge, og "Hvordan dagens klimamodeller er bygget opp" ved Nils Gunnar Kvamstø, Universitetet i Bergen. Resten av ettermiddagen ble brukt til parallellsesjoner.

Etter middag ventet en spennende ekskursjon til Olavsgruva som ligger inne på Rørosvidda. Besøket ga smakebiter fra norsk 350-års gruvehistorie formidlet av en svært dyktig guide. Før vi forlot gruva var vi vitne til et hyggelig kulturelt innslag med musikk, sang og dans gitt av lokale krefter.

Torsdagens program startet med 5 varierte plenumsforedrag: "Fysikproblem i grupp" ved Åke Ingermann, Universitetet i Gøteborg, "Towards the Molecular Movie: Ultrafast X-ray Snapshots Reveal Atomic and Molecular Rearrangements in Nanophysical and Chemical Reactions" ved Martin M. Nielsen, Universitetet i København, "Ultrasensitive Fluorescence Spectroscopy – Concepts and Possible Applications for Fundamental Biomolecular Studies, Biomolecular Diagnostics and Screening" ved Jerker Widengren, KTH, Stockholm, "The Quest for the Quark Gluon Plasma with ALICE at LHC" ved Ana Marin, CERN, og "Magneto-optical Imaging of Flux Avalanches in Superconductors" ved Tom Henning Johansen, Universitetet i Oslo. Deretter fulgte flere parallellsesjoner. Det faglige programmet ble avsluttet med årsmøte i Norsk Fysikklærerforening og møter i Norsk Fysisk Selskaps faggrupper. Dagen ble rundet av med festmiddag, hvor Gunnar Løvhøiden takket for seg etter 2 år med presidentklubben.

Fredag morgen var reservert til årsmøtet i Norsk Fysisk Selskap. Professor Per Osland, Universitetet i Bergen, ble valgt til Selskapets nye president, og professor Åshild Fredriksen, Universitetet i Tromsø, ble valgt til visepresident.

Programmet ble avsluttet med utdeling av Selskapets priser. Simrad Optronics pris i elektrooptikk 2009 ble tildelt forskerne Gunnar Rustad og Espen Lippert ved Forsvarets forskningsinstitutt,

for deres forskning på nye typer lasere med justerbar bølgelengde og høy effekt. Norsk Fysisk Selskaps Undervisningspris 2009 ble tildelt førsteamanuensis Arne Auen Grimenes, Universitetet for miljø- og biovitenskap, for hans innsats for fysikkfaget og norsk fysikkundervisning. Prisivinnerne ga interessante foredrag som ga spennende innblikk i deres mangeårige aktiviteter.

Rammen rundt og innholdet i årets Fysikermøte var av beste kvalitet. Vi retter en stor takk til arrangementskomiteen som riktig hadde lagt seg i seilen for å gi deltagerne et minneverdig møte.

Referat fra årsmøtet samt Selskapets årsmelding blir å finne på Selskapets hjemmesider.

Gunnar Løvhøiden
president, Norsk Fysisk Selskap

∞

Trim i FFV

Løsning nr. 2 til FFVT 1/09

Kulegeometri 2

Spørsmålet var om det finnes andre steder enn på Nordpolen hvor en kan gå 100 km sydownover fulgt av en tur 100 km østover og deretter 100 km nordover og komme tilbake til utgangspunktet.

Utgangspunktet for en slik tur kan også være hvor som helst på en sirkel rundt Sydpolen med en radius på 116 km, som forklart i FFV nr 2/09.

Men startpunktet kan også være på en sirkel med radius ca. 108 km om Sydpolen hvis en går to runder rundt polen før en går nordover igjen. Og uendelig mange sirkler om Sydpolen med radier mellom 100 og 116 km kan gi et helt antall polomløp for turen østover. Alle punkter på disse sirkelene vil derfor kunne være utgangspunkt for turen.

Åge-Johan Thorsen har igjen sendt oss et hyggelig brev med en matematisk løsning på problemet. Han finner at den enkelte sirkels avstand fra Sydpolen (målt langs bakken) vil bli:

$$R \cdot \arcsin(50/(\pi n R))$$

km, hvor R er jordradien og n er antall omløp.

Løsning til FFV 2/09

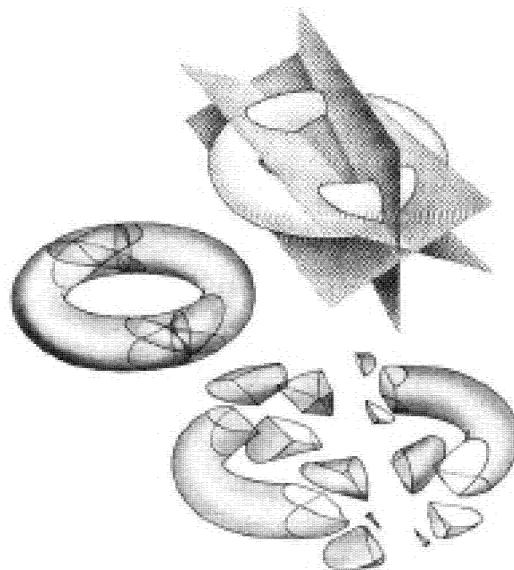
Oppskjæring av en smultring

Spørsmålet var hvor mange biter det er mulig å dele

en torus i ved simultane kutt i rette plan.

Figuren viser hvordan kuttene kan plasseres for å få det maksimale antall biter, som er 13. (Hvis kuttene ikke er simultane, og bitene kan flyttes mellom kuttene, blir antallet 18.) Maksimalt antall biter som funksjon av simultane kutt n kan beskrives av uttrykket

$$(n^3 + 3n^2 + 8n)/6$$



Ref.: Martin Gardner: *The Second Scientific American Book of Mathematical Puzzles and Diversions*, side 147 og 149–151.

FFVT 3/09

Virustesten

Et nytt virus, "Illusjonsviruset", er blitt oppdaget. Infeksjon gir ingen symptomer, og spredningsmåten i befolkningen er foreløpig ukjent. Men en har funnet ut at én promille av befolkningen er infisert.

Kvakksalverindustrien ser fortjenestemuligheter og tilbyr et "do-it-yourself testing kit" som er billig og enkelt. Men det har en nøyaktighet på bare 95 %. Det betyr at dersom en er infisert så er det 95 % sjanse for at testen gir riktig resultat, og 5 % sjanse for at testen viser at en ikke er infisert. Tilsvarende, hvis en ikke har viruset vil det være 95 % sjanse for at testens svar er riktig, og 5 % sjanse for at testen forteller at en er infisert.

Du kjøper et slikt "kit", og testen forteller at du er infisert. Hvor stor er da den virkelige sannsynligheten for at du er smittet av "Illusjonsviruset"?

∞

Retningslinjer for forfattere

FRA FYSIKKENS VERDEN utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høyskoler med fysikk i sine fagkretser. Andre kan også abonnere på bladet. 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 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er f.t. 1900.

FORMÅLET MED FFV er å gi informasjon om aktuelle tema og hendinger innen fysikk, og å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker FFV å være til hjelp for elever og lærere i videregående skoler og andre undervisningsinstitusjoner. Dette krever at artikler og annet stoff er skrevet på norsk og på en lett forståelig måte. Faguttrykk må defineres. En verbal form er oftest å foretrekke fremfor matematikk. Men det må brukes standard begreper og enheter. Matematikken må være forståelig for vanlige fysikkstudenter. Artiklene i FFV skal primært gi informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare forstås av en liten faggruppe har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redaksjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

MANUSKRIPTER leveres i en form som forfatteren mener er direkte publisierbar. De skal leveres elektronisk, helst som e-post. Dersom formatet ikke er ren tekst (helst LATEX) eller i Microsoft Word, må det merkes med hvilket tekstbehandlingsprogram som er brukt. Under alle omstendigheter må redaksjonen kunne forandre teksten direkte.

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

SMÅSTYKKER: Gratulasjoner, nekrologer, bokomtaler, skolestoff, møtetreferater etc. mottas gjerne, men de må ikke være lengre enn 1–2 sider. Bokkronikker kan være noe lengre. Doktoromtaler begrenses til en halv side inkludert bilde.

ILLUSTRASJONER er en viktig del av en artikkel. Legg derfor mye omtanke i figurene. All tekst skal være på norsk. Figurene vil som regel bli trykt i svart/hvitt med en spaltebredde på 8,6 cm. Av økonomiske grunner vil bilder bare i spesielle tilfeller trykkes i farger. Figurene bør være på elektronisk form i et standard grafisk format og med god oppløsning. Vi kan unntaksvis motta figurer eller bilder som urastrerte kopier. Figurer og tabeller skal være referert i den løpende teksten, og ønsket plassering må 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 av artiklene. De må være teknisk gode og kan trykkes i farger.

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:

Professor Gunnar Løvholden

Fysisk institutt, UiO.

e-post: gunnar.lovholden@fys.uio.no

Visepresident:

Førsteaman. Øyvind Frette

Inst. for fysikk og teknologi, UiB.

e-post: oyvind.frette@ift.uib.no

Styremedlemmer:

Professor Øystein Elgarøy

Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO

Professor Ulf Kristiansen

Inst. for elektronikk og telekom. NTNU

Forsker Ole Martin Løvvik

Senter for materialvitenskap og nanoteknologi, UiO

Førsteaman. Kjartan Olafsson

Inst. for fysikk og teknologi, UiB

Professor Einar Sagstuen

Fysisk institutt, UiO

Professor Jon Samseth

Høgskolen i Akershus, Lillestrøm

Lektor Morten Trudeng

Asker videregående skole

Selskapets sekretær:

Cand.scient. Øyvind Svensen

Inst. for fysikk og teknologi, UiB,

Allégaten 55, 5007 Bergen.

Tlf: 55 58 28 78, Faks: 55 58 94 40

e-post: oyvind.svensen@ift.uib.no

Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

Professor Øystein Elgarøy

Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO

Professor Øyvind Grøn

Høgskolen i Oslo og Fysisk inst. UiO

Redaksjonssekretær:

Overingeniør Karl Måseide

Fysisk institutt, UiO

Redaksjonskomité:

Professor Åshild Fredriksen

Institutt for fysikk, UiT

Professor Per Chr. Hemmer

Institutt for fysikk, NTNU

Førstelektor Ellen K. Henriksen,

Fysisk institutt, UiO

Professor Per Osland

Institutt for fysikk og teknologi, UiB

Ekspedisjonens adresse:

Fra Fysikkens Verden

Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.

Tlf.: 22 85 64 28 / 22 85 56 68

Fax.: 22 85 64 22 / 22 85 56 71

e-post: oystein.elgaroy@astro.uio.no

e-post: oyvind.gron@iu.hio.no

e-post: k.a.maseide@fys.uio.no

Bankgiro: 1503.09.65474

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