

KVANT

April
2003

1

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 14. årgang



- FYSIKFAGET I NORGE ●
- TEMANUMMER OM UNIVERSET ●

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

Ørsted Laboratoriet, Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

Hjemmeside : www.kvant.dk
E-mail : kvant@kvant.dk
Giro : 5 84 31 46

Udgives af
Astronomisk Selskab
Dansk Fysisk Selskab
Dansk Geofysisk Forening
Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Redaktion
Jens Olaf Pepke Pedersen (ansv. red.)
DCESS, NBIfAFG, KU
Michael Cramer Andersen (nyhedsred.)
Astronomisk Observatorium, KU
Camilla Bacher
Kemisk Institut, KU
Jørgen Friis Bak
Aarhus Universitet
Jørn Johs. Christiansen
Torsten Freltoft
Sophion Bioscience A/S
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut, KU
Finn Berg Rasmussen
Ørsted Laboratoriet, KU
Svend E. Rugh
Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

Kvant udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad for de udgivende selskaber.
Abonnementspris: 135 kr/år.

Annoncepriser	
1/1 side	3000 kr
1/2 side	1600 kr
1/4 side	1000 kr
Farvetillæg	1800 kr

Priserne er excl. moms og for reproklart materiale. Henv. om annoncer til redaktøren, tlf. 48 14 01 76 eller 28 91 87 74. Henv. vedr. abonnement til forretningsfører Lene Körner tlf. 35 32 07 62 (koerner@kvant.dk).

Oplag: 3.000. Tryk: P. J. Schmidt A/S,
Vojens. ISSN 0905-8893



Produktionsplan
Nr. 2-03 udkommer ca. 15. maj
Nr. 3-03 udkommer ca. 15. september
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages mindst to måneder før.

Indhold:

Universets alder, sammensætning og skæbne bestemt! – præcisionskosmologiens indtog sætter fokus på nye ubesvarede spørgsmål

Michael Cramer Andersen 3

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse 6

Universets størrelse – tro og viden gennem 2500 år

Erik Høg 7

Fysikkfaget i norsk videregående skole: Et fag i endring?

Rolf V. Olsen 12

Nyt fra Dansk Fysisk Selskab 15

Nyt fra Dansk Geofysisk Forening 18

12 tums teleskop stulet från Högskolan Kristianstad 19

Nyt fra Astronomisk Selskab 20

Breddeopgaver nr. 11, 12 og 13

Jens Højgaard Jensen 21

Coriolis og corioliskraften II

Niels Kristian Højerslev 22

Universets storskala-strukturer

Michael Weidinger 24

Kvant-nyheder

Michael Cramer Andersen 30 og bagsiden

Henvendelser vedrørende abonnement og adresseændring bedes ske til Lene Körner (koerner@math.ku.dk, telefon 35 32 07 62). Kvant udsendes gratis til alle landets gymnasier, HF-kurser, tekniske skoler, seminarier m.fl. Hvis du er lærer et af disse steder og din arbejdsplads ikke modtager Kvant opfordres du også til at rette henvendelse til Lene Körner. Disse udsendelser støttes af de fysiske institutter ved Københavns, Odense, Aarhus og Ålborg Universiteter samt ved Danmarks Tekniske Universitet. Bestilling af classesæt og ældre numre af bladet (20 kr. / stk.) kan ske på kvant@nbi.dk.

Forsiden:

UNIVERSET

Computergrafisk 3D-visualisering af det synlige univers. Universets tredimensionelle rum er her illustreret ved to af dimensionerne til forskellige tider som i den såkaldte ballon-analogi. Når tiden går bliver ballonen større og radius i modellen svarer derfor til tiden som den ene dimension. Inderst i figuren ses Den kosmiske Ildkugle, hvor temperaturen var millioner af grader og de første elemter blev dannet. Den inderste kugleskal viser strukturen i den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling som koblede fri af stoffet da universet var omkring 380.000 år. Efter dette tidspunkt dannedes galaksestorskala-strukturer – galaksehobe, filamenter og store tomrum, illustreret med en computersimulering (rødt). Den yderste kugleskal viser færdigdannede galakser, hvor én af dem kunne være Mækevejen. I denne model opnås to egenskaber ved Universet: rummet er afsluttet uden at have kanter. Et svar på det gamle spørgsmål *hvad vokser Universet ind i?* bliver: *fremtiden*. Grafik: Michael Cramer Andersen og Tony van Dalen (TBP 2002). Læs mere i artiklen på næste side.

Universets alder, sammensætning og skæbne bestemt!

- præcisionskosmologiens indtog sætter fokus på nye ubesvarede spørgsmål

Michael Cramer Andersen, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik

Hvor gammelt er Universet? Hvornår begyndte de første stjerner at lyse? Hvilken geometri har Universet? Hvor hurtigt udvider Universet sig? Hvilke typer af stof og energi indeholder Universet og hvor meget er der af hver?

Alle disse fundamentale spørgsmål i kosmologien har nu fundet deres hidtil mest præcise svar med offentliggørelsen af de første målinger fra NASAs "Wilkinson Microwave Anisotropy Probe" (WMAP). Resultaterne støtter big bang teorien som beskriver hvordan Universet har udviklet sig fra en varm, energirig og tæt tilstand til dagens kolde, mørke og meget fortyndede Univers. De vigtigste resultater er følgende: Universet er 13,7 mia. år, de første stjerner begyndte at lyse 200 mio. år efter big bang, geometrien er meget tæt på at være flad, udvidelseshastigheden er udtrykt ved Hubble-konstanten $H_0=71$ km/s/Mpc og Universet indeholder 4% atomer, 23% koldt mørkt stof og 73% mørk energi.

Universets fremtidige skæbne er, at udvide sig evigt men trods den høje præcision af målingerne er der mange ubesvarede spørgsmål. Dette ældste billede af Universet kan bruges til at teste forudsigelserne fra teoretiske modeller for det tidlige univers.

Mikrobølgebaggrundsstrålingen og big bang

Den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling (CMB) blev først observeret i 1965 og gav med det samme støtte til big bang teorien. Grundpillen i big bang-teorien er antagelsen om Universets udvidelse som er udtrykt i Hubbles lov fra 1929. Hubbles lov udtaler, at alle galakser bevæger sig væk fra os med en hastighed v (i km/s) der vokser med aftanden r (i Mpc, 1 Mpc=3,26 mio. lysår) til galaksen:

$$v = H_0 \cdot r \quad (1)$$

hvor H_0 er Hubbles konstant.

Hvis galakserne bevæger sig væk fra hinanden nu, må de have været tættere på hinanden tidligere og man kan føre udviklingen tilbage til et tidspunkt hvor alt stof var samlet på ét sted: The Big Bang. Universets alder regnes herfra.

Vi observerer at galakserne bevæger sig væk fra os, men man kunne ligeså godt vælge en anden af de ca. 100 mia. galakser som findes i det synlige Univers. Udvidelsen forklares mest naturligt ved at det er rummet der udvider sig og dermed trækker galakserne med sig væk fra hinanden. Se forsiden af KVANT for en illu-

stration af ballon-analogien som forklarer dette forhold udmærket.

Nukleosyntesen - grundstoffernes dannelse

Hvis man antager at Univers de første minutter var millioner af grader varmt, kan man med nukleosynteberegninger nå frem til hyppighederne af de letteste grundstoffer: 75% brint, ca. 24% helium og under 1% lithium og beryllium. Nukleosynteberegningerne er meget robuste og en anden af hjørnestenene i Big bang teorien. Varmen der kræves for den første fusion af helium fører til forudsigelsen af en varmestråling som fylder hele Universet: Mikrobølgebaggrundsstrålingen.

Tungere grundstoffer er også dannet ved kernefusion men senere i centrum af stjernerne. Som følge af Universets udvidelse afkøles strålingen ligesom tætheden af stof bliver mindre. Men der skulle gå 380.000 år før atomkernerne kunne indfange elektroner og forme neutrale atomer. Dette tidspunkt markerer et vigtigt skel i Universets udvikling, det sidste tidspunkt stråling og stof var i kontakt med hinanden, og det kaldes *rekombinationen*. Før rekombinationen dominerede strålingsenergien over stoffet og efter rekombinationen dominerede stoffet over strålingen.

Big bang og inflation

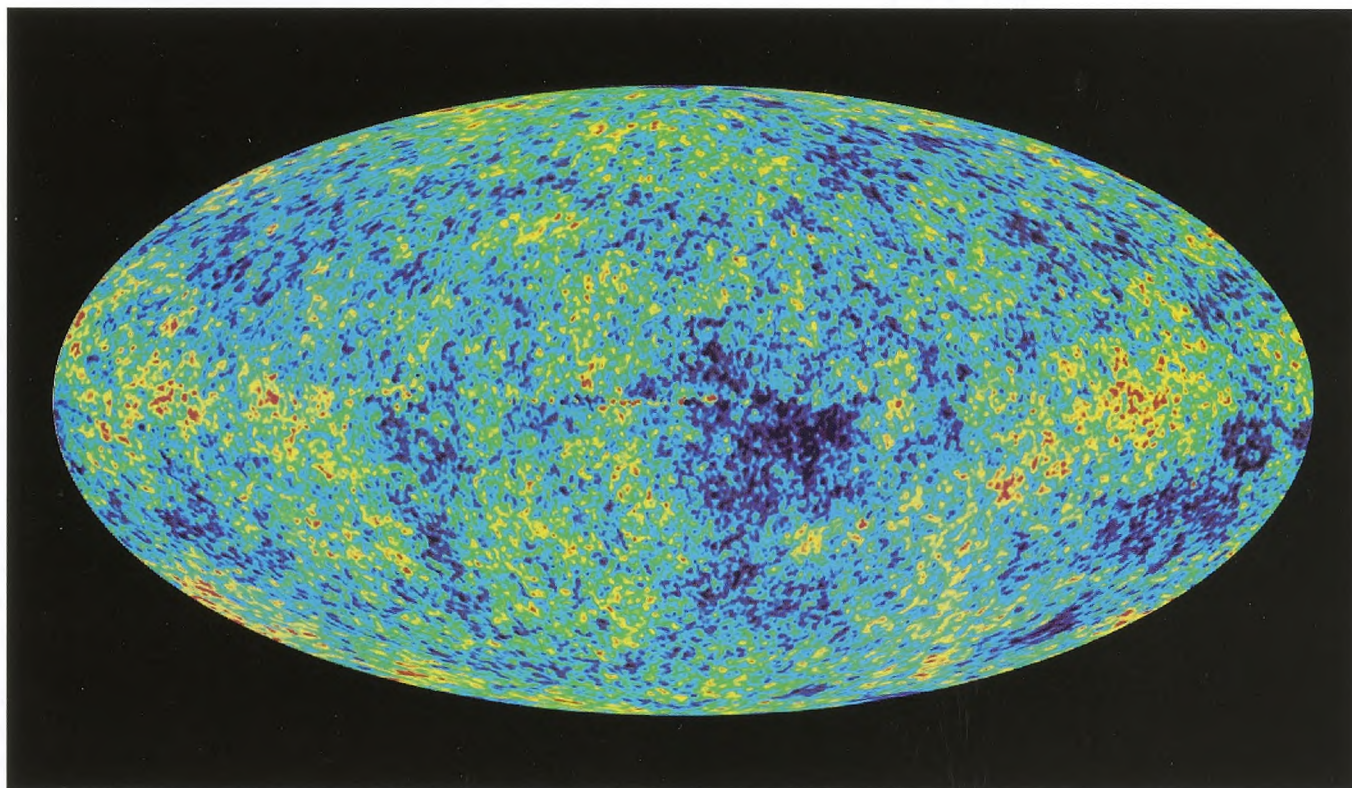
En meget vigtig tilføjelse til big bang-teorien er idéen om inflation i det tidlige Univers. Temperaturforskellene i CMB menes at stamme fra meget tidlige kvantefluktuationer som er blevet forstærket under en kortvarig inflationsfase hvor Universet gennemgik en eksponentiel udvidelse på en brøkdel af et sekund. Det var før stoffet opstod så man skal tænke på kvantefelter i vakuum. Inflationsmodellen blev foreslået i 1980 for at løse en række problemer ved den gamle big bang-teori og er i dag indarbejdet i big bang-teorien. Målingerne af CMB kan bedst forklares hvis man antager inflation.

Observationer af CMB

Når man observerer fjerne galakser i Universet ser man samtidig tilbage i tiden. Modtager man f.eks. lyset fra en galakse der er 5 mia. lysår væk, ser man galaksen som den så ud for 5 mia. år siden. Men fordi alle fotoner blev spredt på frie elektroner i det tidlige strålingsdominerede univers kan man ikke se længere tilbage mod big bang end til rekombinationen. Man kalder det "Surface of last scattering" (Overfladen med den sidste spredning). Lyset kunne ikke bryde igen-

nem ligesom hvis man kigger på en sky nede fra: lyset tilbagekastes af skypartikler i skyens nederste overflade men man kan ikke kigge ind i skyen. Et billede af CMB er dermed det ældste foto vi kan få af Universet¹. I dag er CMB kold og Universet er mørkt men strålingen kan

stadig detekteres og indeholder en guldgrube af information om det meget tidlige Univers hvorfor det kan bruges til at teste forudsigelserne fra teoretiske modeller for det tidlige univers. CMB er samtidig et øjebliksbillede hvorfra man kan regne udviklingen frem.



Figur 1. Kortlægning af mikrobølgehimmelen, "The Wilkinson Microwave Anisotropy Probe". Rødt viser områder der er lidt varmere end gennemsnittet og blå viser områder der er lidt koldere end gennemsnittet. WMAP kan registrere temperaturvariationer på millionte dele grader. NASA/WMAP Science Team 2003 [1].

Ved rekombinationen blev en ca. 3000 grader varm stråling udsendt i alle retninger og i takt med Universets udvidelse er bølgelængden blevet strukket ud til mikrobølgestråling. Mikrobølger bliver delvist absorberet i Jordens atmosfære, derfor opnår man det bedste resultat ved at måle strålingen fra en satellit. Den hidtil mest præcise kortlægning af baggrundsstrålingen var COBE-satellitten, "Cosmic Background Explorer", som målte fra 1989 til 1996. COBE målte kort efter opsendelsen i 1989 at Universets gennemsnitstemperatur var knap tre grader over det absolute nulpunkt: 2,725 K og efter tre års målinger af hele himlen blev afvigelse fra gennemsnittet bestemt til ca. 10^{-5} grader. Der var altså ganske små forskelle eller ujævnheder i det tidlige univers, men ellers var strålingen helt ens i alle retninger (isotrop) og godt beskrevet ved et sortlegemespektrum. COBE målte med en vinkelopløsning på 7 grader. En sammenligning mellem kortene fra COBE og WMAP viser tydeligt den forøgede opløsningssevne (se KVANT-nyheder i dette

nummer).

Ved BOOMERanG ballon-eksperimentet (2000) blev Universets tæthedsparameter Omega bestemt til at være meget tæt på $\Omega_0 = 1$ svarende til en flad geometri. Dette er konsistent med WMAP's målinger.

De fleste kosmologiske parametre sætter deres specielle fingeraftryk i powerspektret og med nøjagtige målinger af CMB kan man derfor skelne mellem forudsigelserne fra konkurrerende kosmologiske modeller.

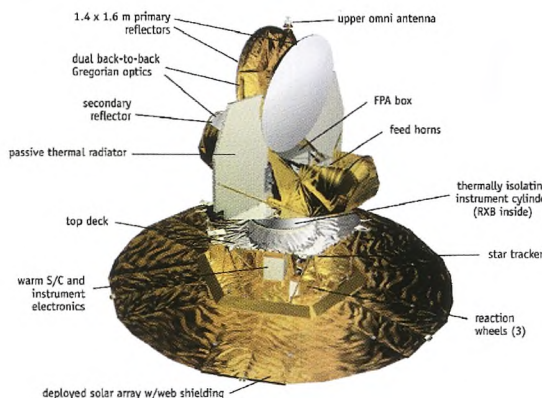
Wilkinson Microwave Anisotropy Probe

I 1995 blev satellitten "Microwave Anisotropy Probe" (MAP) foreslået og efter seks års udvikling blev den opsendt den 30. juni 2001. Satellitten skulle ud til Lagrange-punktet L2, som befinder sig 1,5 mio. km fra Jorden i retning bort fra Solen. Undervejs blev Månen brugt til at slynge den 840 kg tunge satellit i retning mod L2 som blev nået efter tre måneder. Satellitten, der er 5 meter bred, 3,8 meter høj og er udstyret med et

¹ Kun neutrinoer og tyngdebølger blev ikke forstyrret af den dominerende stråling og de gemmer muligvis på information fra tidligere tider.

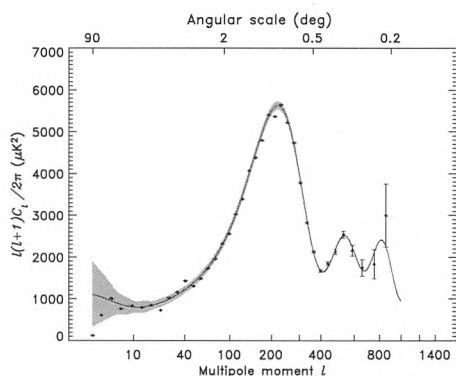
primærspejl med en diameter på ca. 1,5 meter, bevæger sig i en bane omkring det semistabile Lagrange punkt defineret ved tyngdefelterne fra Jorden og Solen.

Projektet blev ledet af David Wilkinson fra Princeton University som døde september 2002 og MAP blev derfor omdøbt til WMAP til hans ære. Nu ledes projektet af Dr. Charles L. Bennett fra Goddard Space Flight Center.



Figur 2. WMAP-satellitens opbygning.

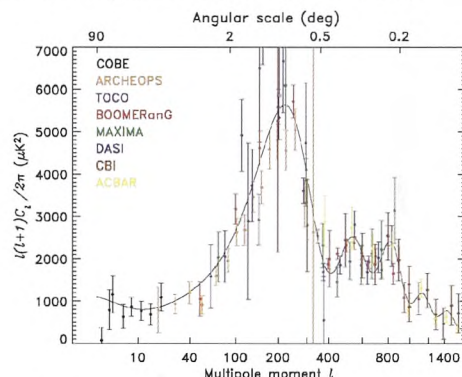
WMAP kan registrere strålingen i CMB i fem frekvenser: 22, 30, 40, 60 og 90 GHz hvilket svarer til bølgelængder fra 0,3 mm til 14 mm (mikrobølgeområdet). En opmåling af hele himlen tager et halvt år og satellitten er planlagt til at observere i fire år. De første detaljerede kort over temperaturforskellene i CMB bygger på første kortlægning (et halvt år) og blev offentliggjort den 11. februar 2003. Lederen af WMAP-teamet, Charles L. Bennett, var forståeligt nok begejstret ved offentliggørelsen, "Vi har fanget det tidlige Univers i skarpt fokus, og fra dette portræt kan vi nu beskrive Universet med hidtil uset nøjagtighed. Det er solide data, en rigtig guldmine".



Figur 3. Angulært powerspektrum fra WMAP-målingerne med en Λ CDM-kosmologisk model der indeholder "mørk energi" (f.eks. i form af en kosmologisk konstant Λ) og koldt mørkt stof (CDM). Øverst ses vinkelskalaen: hvor COBE kun gik til 7 grader går WMAP ned til omkring 0,2 grader dog med større usikkerheder. WMAP Science Team [2].

Kortet over CMB kan omsættes til et "powerspektrum" som viser, hvor hyppige temperaturfluktua-

tioner er på forskellige vinkelskalaer. Toppene er bestemt af dæmpede lydbølger under rekombinationen. Med den øgede opløsning i WMAP-kortet i forhold til COBE-kortet, kan man nå længere hen i "Dopplerbjergene" (hvor guldet ligger begravet [3]):



Figur 4. Tidligere eksperimenters forsøg på at bestemme det angulære powerspektrum med Λ CDM-modellen fundet af WMAP (figur 3) lagt ind over. Usikkerhederne er reduceret betydeligt i forhold til målingerne fra bl.a. ballon eksperimenter over Antarktis. Trods øget følsomhed overgår WMAP's målinger de hidtidige både i nøjagtighed og ved at dække hele himlen. WMAP Science Team [2].

Kosmologiens nye udfordringer

Informationen gemt i CMB er afgørende for vores forståelse af Universets skabelse og udvikling fordi Big Bang-teorien i sig selv ikke besvarer alle kosmologiske spørgsmål. Big Bang-teorien forklarer ikke mængden og typen af stof og energi og heller ikke hvordan det udviklede sig til de strukturer (stjerner og galakser) vi ser i dag. Big Bang-teorien forudsiger ikke en bestemt geometri for Universet og udtaler sig ikke om Universet er uendeligt eller på en eller anden måde er indlejret i noget større. Teorien forklarer ikke engang hvordan eller hvorfor der var et big bang i det hele taget!

WMAP-målingerne støtter inflationsteorien der antager en form for vakuum energi som var i stand til at blæse Universet mange størrelsesordener op i løbet af et splitsekund. Vakuum energi er konstant mens stoffet og strålingen fortyndes mens Universet udvider sig. I 1998 observerede man, ved hjælp af supernovaer, at Universets udvidelse bliver accelereret (beskrevet ved en kosmologiske konstant). Er det fordi resterne fra inflationen er blevet dominerende igen og langsomt driver Universet mod en ny inflation? Spørgsmålet om hvordan vakuumenergien skal forstås bliver stadig mere påtrængende.

I strengteori er man begyndt at opstille kosmologiske modeller. Det er f.eks. blevet foreslået, at vores firedimensionale Univers er indlejret i en femdimensional struktur kaldet braner. Når to fem-braner kolliderer vil vi opfatte det som en udvidelse af vores firedimensionelle rum. Sådanne modeller kræver ekstra dimensioner. Vi ser ikke skyggen af en femte dimension på observerbare skalaer og de må derfor findes på kos-

mologiske skalaer (eller mikroskopiske). Det ville være en naturlig måde at give f.eks. den kosmologiske konstant en forklaring. Den virker først på kosmologiske skalaer. Men det er ikke helt simpelt at tænke i fem eller flere dimensioner!

Mange af disse spørgsmål kan beskrives ved kosmologiske modeller med parametre der nok kan måles men langt fra kan forklares ud fra grundlæggende principper. De frie parametre i den kosmologiske teori (almen relativitetsteori) er en udfordring for fremtidens teorier.

Danske rumforskere arbejder i øjeblikket på spejlet til den europæiske PLANCK-satellit, der skal kortlægge CMB i hidtil uset detalje. PLANCK opsendes omkring 2007. Dér får vi sikkert svar.

Referencer:

- [1] WMAP Public Outreach, map.gsfc.nasa.gov

- [2] WMAP Science Team (LAMBDA), lambda.gsfc.nasa.gov

- [3] C.H. Lineweaver: "Gold in the Doppler Hills: Cosmological Parameters in the Microwave Background", xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/9702042



Michael Cramer Andersen er astrofysiker og videnskabsformidler. Han har skrevet speciale om Mælkevejens dynamiske udvikling og arbejder som kommunikationsmedarbejder på Niels Bohr Institutet. Han søger om et ph.d.-projekt om de fundamentale naturlove og Universets begyndelsesbetingelser.

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Hjemmeside: www.snu.nbi.dk

Direktionen for SNU udgøres af:

Professor Dorte Olesen (formand)

UNI-C

Vermundsgade 5

2100 København Ø

E-mail: bente.egaa@uni-c.dk

Tlf. 35 87 88 04

Professor Søren Brunak

Direktør, Ph.D. Søren Damgaard

Professor Poul Erik Hansen

Lektor Erik Schou Jensen

Direktør, adjungeret professor Ole Mørk Lauridsen

Lektor Malte Olsen

Lektor Jørn Johs. Christiansen (sekretær)

Aakjærs Alle 24 B

2860 Søborg

Tlf. 39 69 58 18



Forårets program i SNU

Forårets tema er nanoscience og nanoteknologi. Alle foredrag – undtagen arrangementet den 19. maj – holdes på Geologisk Museum, Øster Voldgade 5–7, København. Flere detaljer vil kunne læses på SNUs hjemmeside.

7. april 2003 kl. 19.30

Mikrosystemer og Nanokomponenter: et problematisk ægteskab

v/Forskningsprofessor Peter Bøggild, Mikroelektronik Centret, DTU

Efter foredraget er der generalforsamling.

5. maj 2003 kl. 19.30

Bioimiterende polymere nanostrukturer: kan vi efterligne naturen på nanometer skala?

v/Seniorforsker Niels B. Larsen, Afdeling for Polymerer, Risø

19. maj 2003 kl. 19.30

Besøg hos Sonion A/S (vinder af Ingeniørens produktpris 2002). Byledet 12-14, 4000 Roskilde.

Tilmelding til dette besøg er nødvendig og kan foretages til: Bente Egaa, tlf.: 35 87 88 04 eller e-mail: bente.egaa@uni-c.dk

Efterårsprogrammet bringes i næste nummer af Kvant.

Universets størrelse – tro og viden gennem 2500 år

Erik Høg, Astronomisk Observatorium, Københavns Universitet.

Det synlige Univers er en million milliarder gange større end Tycho Brahe troede, og med ham alle kristne og arabiske lærde siden grækeren Ptolemæus

Vi ser Sol, Måne og stjerner på himlen, som om de sidder indvendig på en himmelkugle. Men meget tidligt har mennesker haft forestillinger om dybden i himmelrummet. Grækeren Anaxagoras levede for 2500 år siden, og han påstod, at Solen er en rødglødende sten større end hele halvøen Peloponnes. Han blev anklaget for gudsbespottelse og måtte forlade Athen, hvor han havde boet i 30 år. Det var vel en rimelig anklage, når alle jo vidste, at solguden Helios hver dag kører fra øst til vest over himmelhvelvet i sin ildsprudende vogn og om natten færges tilbage i et gyldent skib.

Er det mon det ventende, endnu tomme, gyldne skib, vi ser på Himmelskiven fra Nebra? Denne guldbelagte bronzeskive (figur 1) stammer fra år 1600 f.Kr. og er således den første kendte afbildning af Kosmos i menneskehedens historie.

Hvad er der oppe i himlen? Mennesker til alle tider har lagt mærke til Måne, Sol, planeter og stjerner. Kristne i oldtid og middelalder har desuden ment, at Gud, englene og de salige boede i himlen. Nutidens astronomer finder naturligvis stadig Måne, Sol, planeter og stjerner oppe i himlen, men desuden stjerneho- be, galakser, støv, gas, hvide dværge, neutronstjerner, sorte huller osv. osv., og endelig *tungt*, men *usynligt stof*, hvis sande fysiske natur er astronomiens største gåde i dag.

Men her skal vi mest se på, hvad mennesker i tidens løb har tænkt og troet om Universets størrelse med hen- syn til afstandene til Måne, Sol, planeter og stjerner. Dog skal de seneste 100 år med galakser og big bang også have et par ord med på vejen til allersidst.

Dantes Univers

Fra nutiden springer vi først 700 år tilbage til Dantes berømte værk, Den guddommelige Komædie, inden vi senere vender tilbage til grækerne.

For nogle år siden begyndte jeg igen at læse klassik- erne. Jeg sagde til mig selv: det er på tide, når man er oppe i tresserne, hvis det skal nås, mens hovedet er klart. Dante vandrer gennem Helvede, Skærsilden og Himlen, og det slog mig, så tit han omtaler astro- nomiske forhold. Han vidste god besked om sin tids videnskab, som han havde studeret på universiteterne i Firenze og Bologna. Det var åbenbart vigtigt for ham at få disse forhold med – selvfølgelig altid i poetisk klæde- dragt, men alligevel klart nok, hvis man læser kom- mentarerne.

I bunden af Helvede står den kæmpestore, lådne Lu- cifer med genitalierne lige i Jordens centrum, som man ser på Botticellis tegning fra ca. 1500 (figur 2). Dante skal forbi Lucifer for at nå kanalen, der fører gennem Jorden ud til Skærsildsbjerget på den anden side af klo- den. Dante må nu ride på ryggen af sin guide, den romerske digter Vergil, der modigt tager fat i Lucifers pels og kravler nedad. Da han når til hoftens runding nær Jordens centrum, må han dreje, så hovedet vender den anden vej. Her møder vi Aristoteles' fysik, der siger, at alle ting søger mod deres naturlige sted, det vil her sige Jordens centrum. Der er altså ikke tale om en tyngdekraft, et begreb der først blev udviklet af Newton næsten 400 år senere.

Da de står på Skærsildsbjerget og skuer mod den opgående sol, lægger Dante mærke til, at solen går over hans *venstre* skulder. Vergil forklarer, som altid beredvilligt, at sådan er det på den sydlige halvkugle.

Sådan kunne jeg fortsætte med eksempler fra Dante. Hans beskrivelser er så klare, at man kan tegne et billede af Dantes og dermed middelalderens Univers med Jorden i centrum, omgivet af sfærerne for Ilden, Månen, Merkur, osv. til Saturn, fiksstjernerne, krystal- himlen, og allerøverst Empyreum med de salige, eng- lene og Gud.

Afstandene

Dantes billede af Universet med Jorden nederst og Gud øverst er derfor passende i tabellen, hvor vi angiver af- stande i Universet, dels som angivet af Ptolemæus, dels de sande afstande.

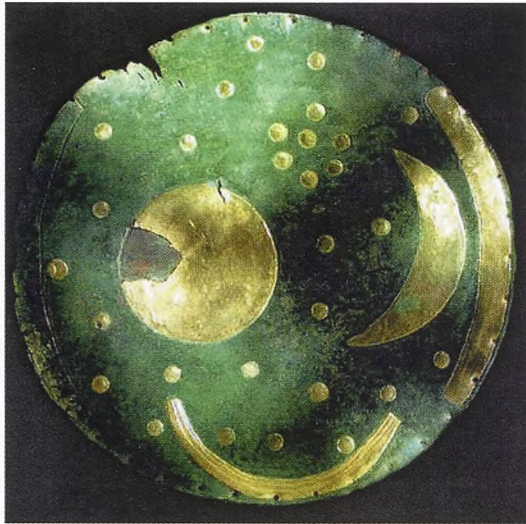
Dante har sikkert også vidst besked med afstandene i Universet som de var angivet af den store græske astro- nom Ptolemæus, der levede omkring 150 efter Kr., idet Ptolemæus' afstande var blevet anerkendt af hele den dannede verden, den kristne såvel som den arabiske.

Grækerne

Græsk tænkning over naturens orden trivedes i områderne langs hele det østlige Middelhav fra Archimedes i Syrakus på Sicilien til Erathostenes og Ptolemæus i Alexandria, og den var levende og aktiv over et meget langt tidsrum fra ca. 600 f.Kr. til 200 e.Kr. Selvfølgelig var det kun et smalt lag i samfund- ene, der havde tid og interesse for den slags, men deres tanker blev husket til alle tider af romere og arabere op gennem Middelalderen.

Man søgte efter *naturlige forklaringer*, mens andre i samfundene stadig troede på de ofte meget menneske- lige guders indgriben i alle begivenheder. Denne til-

sidesættelse af guderne kunne voves uden politiske anklager i netop de græske samfund med en demokratisk struktur. I andre samfund dengang, hvor herskerne kaldte sig selv for guder, eller påstod at være i nær familie med disse, måtte sådanne tanker opfattes som angreb på samfundsordenen med deraf følgende livsfare for den, der talte højt om naturlige forklaringer. Når Anaxagoras i Athen blev anklaget for gudsbespottelse, betragtes det af nutidens forskere som et led i den politiske kamp efter Perikles, som var Anaxagoras' gode ven.



Figur 1. Himmelskiven fra Nebra i Tyskland. Denne arkæologiske og kulturhistoriske sensation er dukket op i år 2002 og dateres til 1600 f.Kr., den ældre bronzealder. Enhver kan se at den har et astronomisk emne: Sol, Måne og stjerner. Det er den første afbildning af Kosmos, vi kender.

Grækerne stræbte efter at forstå hele Universet ud fra naturlige årsager. I 400-tallet f.Kr. formulerede de den opfattelse, at alle ting var opbygget af de fire elementer: ild, luft, vand og jord. Den opfattelse holdt sig i videnskaben helt frem til Boyle og Lavoisier omkring 1700, og vi møder den stadig i fjernsyn og ugeblade. Kineserne havde i samme tidsrum en lignende opfattelse, dog anså kineserne også træ for at være et grundelement.

Mange læsere vil formodentlig give mig ret i, at den opfattelse er helt forkert. Det er jo bare løs tale, når man går det efter i sømmene. Med *løs tale* mener jeg ikke det rene gæjteri, men i bedste fald en tænkning, der opstår af tænkerens dybeste forestillinger om naturens principper, men som kun har en upræcis, løs forbindelse til erfaringen. Det må dog ikke få os til at ryste overbærende på hovedet af de gamle tænkere. Man må tage til efterretning, at sandheden kan være meget vanskelig at finde, så vi lever stadig med mange vildfarelser. Men i matematik og naturvidenskab er det muligt, at nå en sådan grad af sikkerhed om mange ting gennem tænkning og erfaring, at der er meget lidt grund til tvivl.

Løs tale møder vi hos de fleste gamle tænkere, hvilket ikke er sagt for at forklejne den historiske rolle af fx Platon og Aristoteles, men her indtager

Archimedes (ca. 287–212 f.Kr.) en særlig stilling som den, hvis metoder og resultater har evig gyldighed, fx vægtstangsregelen og loven om legemers opdrift i vand. Archimedes burde kaldes den *moderne naturvidenskabs fader*. Al den løse tale udspringer vel af menneskers uimodståelige trang til at søge og til også at give en forklaring på alt, hvad de ser og oplever, fx på Solens natur og døgnet's gang, på Verdens og menneskets skabelse, på livet efter døden og på politikeres inderste motiver. Den kritiske sans og grundigt arbejde kan dog efterhånden føre os til at finde forklaringer (teoretiske beskrivelser vil en fysiker sige), der ikke er selvmodsigende, og som stemmer med de vigtigste observationer.



Botticelli: Lucifer. Fireogtredivte sang

Figur 2. Lucifer i Jordens centrum. Vergil med Dante på ryggen kravler nedad, og de vender "på hovedet", da de når centrum.

Grækerne indførte teori i astronomien for at kunne forudsige planeternes positioner og formørkelser af Sol og Måne. Man møder alle mulige opfattelser om Universet hos dem, indtil Ptolemæus' autoritet satte alt tidligere i skyggen. Anaximenes af Milet siger i 600-tallet, at Jorden er en cylinder, tre gange så bred som høj, og at den er omgivet af tre koncentriske ringe, der bærer Månen, Solen og fiksstjernerne. Disse ringe er henholdsvis ni, atten og syvogtyve gange Jordens diameter. Næsten samtidig erkender Pythagoras, at Jorden er en kugle, dels fordi han af rent matematiske grunde anser kugleformen for at være den idelle, dels fordi han ser Jordens cirkulære skygge på Månen ved en Måneformørkelse. Philolaus siger omkring år 400 at Jorden bevæger sig rundt om Solen på 24 timer.

Omkring år 350 møder vi Aristoteles, der sætter Jorden i centrum. Videre er Jorden omgivet af et system af koncentriske sfærer af vand, luft og ild og derefter sfærene med de himmelske legemer. Dette system skulle blive basis for kosmologi og fysik i de næste to tusind år.

Desværre vandt et meget interessant forslag fra Aristarch ikke tilslutning. Han mente omkring år 280, altså 1700 år før Kopernicus, at Jorden kredser omkring Solen på et år, mens den roterer om sin egen akse på 24 timer.

Tabel 1. Afstande i Dantes Univers og i nutidens. (Måleenhederne er 1 jordradius, der forkortes til 1 j.r. = 6400 km, og 1 lysår = 1.5 milliarder j.r.) Ptolemæus er langt fra at være den første, som angiver afstande til planeterne og stjernerne, men hans afstande får status som højeste autoritet i 1500 år. Sine værdier for Jordens radius og for Månens og Solens afstande havde han fra astronomer, der virkede omkring 300–100 f.Kr. Deres værdi for Solen var dog 20 gange for lille, og selv ikke Tycho Brahe vidste bedre. Men efter hans tid begyndte tvivlen at melde sig, først hos Kepler i 1617. Dog skulle der gå 150 år før Solens afstand var helt sikret.

Afstand til	Ptolemæus (ca. 150 e.Kr.) og Dante og Tycho Brahe	Sand værdi
Gud og englene	–	–
Yderste af det synlige Univers	Stjernerne: 20 000 j.r. = 0.000 014 lysår	15 000 000 000 lysår i år 2000
Fjerneste galakser med 5m teleskopet	–	2 000 000 000 lysår i år 1960
Stjernerne	20 000 j.r. = 0.000 014 lysår	Over 15 000 000 000 j.r. = over 10 lysår siden år 1838
Solen	1210 j.r.	25 000 j.r. siden år 1770
Månen	33–64 j.r.	60 j.r.
Jordens centrum	1 j.r. = ca. 6000 km	1 j.r. = 6400 km

Jordens størrelse får man på denne tid et nogenlunde rigtigt tal for. Man lagde mærke til at Solen fx ved sommersolhverv stod højere på himlen set fra en sydlig breddegrad end fra en nordligere. Ud fra højdeforskellen målt i grader og afstanden mellem de to steder på Jorden var det nu en let sag for Erathostenes at udregne Jordens omkreds, når han helt rigtigt antog, at Solen var meget, meget langt væk.

Månens afstand blev også bestemt. Hipparchos, kaldet *astronomiens fader*, gjorde det ud fra den solformørkelse, der havde fundet sted den 14. marts 189 f.Kr. Han havde beretninger, der sagde at Solen var helt dækket af Månen set fra Hellespont, mens kun fire femtedele af Solen var dækket i Alexandria. Han antog helt rigtigt, at Solen var meget længere væk end Månen og kunne nu let beregne Månens afstand.

Vinkelforskydningen af Månen i forhold til Solen mellem iagttagelser fra to steder på Jorden kaldes *Månens parallakse*. Den årlige parallakse anvendes i senere tider til måling af afstanden til stjerner. Her måler man ændringen af vinkelen mellem en nær og en fjern stjerne i løbet af tiden. Betragter man observationer udført med et halv års mellemrum, vil vinkelændringen være stor, fordi Jorden efter et halvt år befinder sig på den anden side af Solen, altså 150 millioner km forskudt.

Sfærernes musik

Planeternes rækkefølge og dimensionerne af kosmos var der ikke enighed om i oldtiden. Man finder fx rækkefølgen: Jord, Måne, Sol, planeterne og: Jord, Måne, Venus, Merkur, Sol, og: Jord, Måne, Sol, Venus, Merkur. Der blev først enighed efter Kopernicus, som satte Solen i centrum: Sol, Merkur, Venus, Jorden, mens Månen stadigvæk er nærmest ved Jorden.

For at finde banernes størrelse tog man musikken til hjælp, idet man anså de naturlige toners intervaller for grundlæggende for naturens orden, man talte om *sfærernes harmoni*. Sådanne betragtninger finder vi lige fra Pythagoras til Keplers *Mysterium Cosmographicum* i 1596. Vi kan nu se, at det er helt forkert og uden forbindelse med naturens love, og resultaterne er da også vidt forskellige hos datidens forskere.

Musikken som hjælpemiddel bliver selvfølgelig helt meningsløs og overflødig efter naturlovene i Newtons værk *Principia Mathematica* fra 1687. Newton beskriver naturlove ved hjælp af matematiske formler med begreber som hastighed, acceleration, kraft, masse, absolut tid og tyngdekraft, begreber som ikke tidligere havde haft en ordentlig, præcis mening.

Newtons love blev skabt på grundlag af lovene for planeternes bevægelse om Solen, som Kepler havde

fundet på grundlag af Tycho Brahes målinger. Men Newtons love har gyldighed i hele verden, i hele Universet. De anvendes siden for at beskrive alle fænomener i naturen, planeters bevægelse og atomers struktur. De anvendes alle steder i teknikken: ved bygning af broer, kikkerter, motorer, raketter osv.

Middelalderen

Vi må ikke glemme Middelalderens bidrag. Kristne tænkere beskæftigede sig meget med begreberne *tid*, *evighed* og *rum*, fordi den kristne Gud er evig og alle steds nærværende. De skabte et filosofisk sprog, hvori de kunne tale om den slags ting på en måde, der gav mening. Gennem oldtid og middelalder bekæmpede de kristne lærere (missionærer og præster) astrologi og anden gammel overtro, der dog stadig har stærkt tag i mange mennesker. Men overtroen er helt fjernet fra den kristne tro på et Univers, der er ordnet af den evige Gud, en Gud der ikke griber ind i hverdagen (se Figur 3). Om troen på mirakler passer sammen med kristendom, må vi her lade ligge.



Figur 3. Gud som arkitekt, illustration fra en middelalderbibel – Gud har skabt Universet efter geometriske og harmoniske principper. At søge disse principper var derfor at søge Gud, mente fx Kepler.

I det kristne Europa fandtes efterhånden et bredere lag af befolkningen med en teoretisk uddannelse end i det gamle Grækenland. Det var en ret udbredt mening i 1500 årene, at man gerne måtte udforske lovmæssigheder i naturen blot for at opdage disse love. Tidligere mandede sådanne studier altid ud i en lovprisning af Guds visdom og almagt. Denne frihed til at

forske nød både Tycho Brahe og Galilei godt af i en vis tid, men de måtte begge til sidst mærke, at de konservative teologer fik overtaget.

Hvad er sikkert?

Den opmærksomme læser må det springe i øjnene, at astronomerne har skiftet mening om afstandene, til tider meget langsomt, til andre tider hurtigt. De holdt fast ved Ptolemæus' afstande helt op til Tycho Brahe. Men nu er det synlige Univers en million milliarder (dvs. 10^{15} i 15de potens) gange større end Tycho Brahe troede, og det er "vokset" hurtigst i de sidste 100 år. Læseren må spørge: *Kan det fortsætte på den måde? Ved vi overhovedet noget sikkert om de astronomiske afstande?*

Svarene er henholdsvis: NEJ og JA.

Målemetoder og instrumenter er naturligvis afgørende for vor viden om Universet. Men det ville blive alt for teknisk og pladskrævende at beskrive disse ting og vore metoder til tydning af observationerne. Jeg vil i stedet forsøge at vinde læserens tillid gennem historiske oplysninger.

Jeg vover at påstå, at *vi ved noget sikkert*, fx var Jordens størrelse og Månens afstand stort set rigtige allerede omkring år 200 f.Kr. *Solens afstand* kunne imidlertid først måles, efter at kikkerten var opfundet og taget i brug til astronomiske observationer af Galilei i 1610. Men man måtte stadig afvente et meget sjældent fænomen, en passage af Venus hen foran Solen og udsende ekspeditioner til fjerne egen af Jorden for at skaffe observationer, der kunne give en pålidelig afstand. Det skete første gang i 1761.

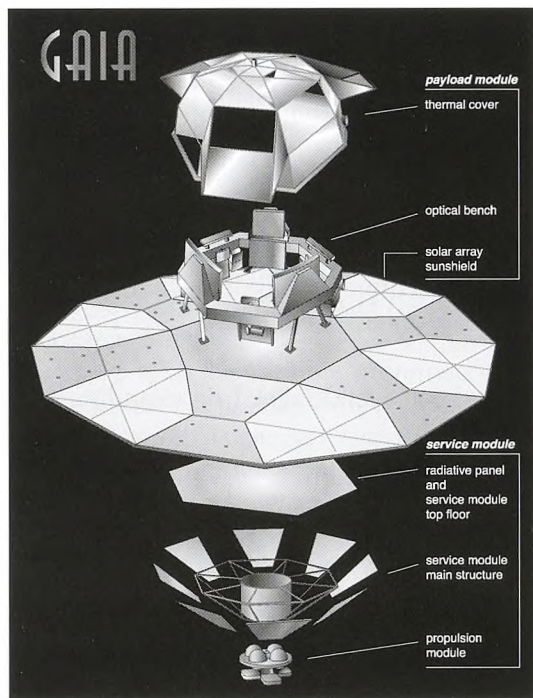
Videre fremskridt i måling af *stjerners afstande* kunne først ske efter den industrielle revolutions begyndelse. En af forudsætningerne for denne revolution var kendskab til de naturlove som Newton beskrev i 1687. En anden var den matematiske metode (mindste kvadraters metode) til analyse af observationer og disses fejl, som Gauss, kaldet matematikkens fader, angav i 1802.

Siden Kopernikus i 1543 skrev, at Solen er centrum for Jordens bane, har astronomer prøvet at måle stjerners afstande ved hjælp af den årlige parallakse. Men det kunne først lykkes efter udvikling af gode kikkerter, og ikke mindst en holdbar matematisk metode til analyse af observationer. Målingen og dataanalysen lykkedes for Bessel i 1838 for stjerne nr. 61 i stjernebilledet Svanen. Netop hans omhyggelige analyse var afgørende for at overbevise andre astronomer om afstandens realitet, i modsætning til de utallige andre "stjerneafstande" man havde læst om siden Kopernikus. Ole Rømer var en af dem, der prøvede med sin dertil udviklede *meridiankreds* i Vridsløsemagle fra 1705. Men han offentliggjorde intet om stjerners afstande, fordi han vidste, at hans målinger ikke var gode nok.

Der måtte store kikkerter til for at observere stjernernes spektr. For at tyde spektrerne behøvede man

varmeteori og atomteori, som blev udviklet i 1800 og 1900 årene. Det skete på grundlag af Newtons love, og man fandt siden andre dybe lovmæssigheder som *kvantemekanik* og *relativitetsteori*.

Gennem radioteknik og observationer uden for Jordens atmosfære er det blevet muligt i det sidste halve århundrede at studere stråling i alle bølgelængder, ikke kun i det smalle bånd af synligt lys, som al astronomi tidligere var baseret på. Man har observeret fjerne galakser, hvor lyset har været undervejs i 14 milliarder år (se tabel 1) altså næsten lige siden *big bang* for 15 milliarder år siden.



Figur 4. Satellitten GAIA, som ESA vil skyde op i 2009 – Med dette instrument vil stjerners afstande kunne måles med målefejl, der er 1000 gange mindre, end det var muligt for bare 20 år siden. GAIA vil skabe et nyt grundlag for astronomien. Man kan fx kortlægge det usynlige stof, der nok udgør 90 procent af Universets samlede masse, og som gennem sin tyngdekraft kan spores i stjernernes bevægelser.

Man har endog observeret en stråling, som blev udsendt, da Universet var 300 000 år gammelt, og dets temperatur var faldet til 3000 grader. Ved lavere temperatur blev Universet gennemsigtigt, så alle strålerne kunne fortsætte næsten uhindret. Disse stråler kan måles i dag, og man kan angive deres temperatur til 2.7 grad Kelvin, altså 2.7 grader over det absolutte nulpunkt på -273.1 grad Celsius. Strålerne har meget nær samme intensitet fra alle retninger i verdensrummet, netop svarende til, at de slap løs, da *ildkuglens* temperatur var faldet under 3000 grader. Denne *kosmiske baggrundsstrålings* lave temperatur skyldes Universets udvidelse siden starten for 15 milliarder år siden.

Her vil jeg nu slutte med det mest moderne instru-

ment til måling af stjernernes afstande. Figur 4 viser satellitten GAIA, som desuden skal måle stjernernes bevægelser gennem rummet og bl.a. deres farver og temperaturer. Dette projekt har jeg arbejdet på siden 1992, og jeg vil fortsætte.

Referencer:

Artiklen bygger på min afskedsforelæsning på Astronomisk Observatorium ved Københavns Universitet i september 2002. Den bog jeg varmest vil anbefale om tænkningens historie i disse årtusinder er Olaf Pedersens *Naturerkendelse og Teologi*.



Erik Høg er Dr.scient. og lektor ved Astronomisk Observatorium, Københavns Universitet. Han arbejder især med måling af stjerners bevægelser, afstande og lysstyrker fra satellitter.

PFEIFFER VACUUM

Totalleverandør

VACUUMKOMPONENTER

**Pumpesystemer
Ventiler og fittings
Specialkamre
Massespectrometri**

**Alt til systemopbygning
i laboratoriet
for
NANO FORSKNING**

Tel. 4352 3800 Fax 4352 3850
efa@pfeiffer-vacuum.dk

Fysikkfaget i norsk videregående skole: Et fag i endring?

Rolf V. Olsen, Institutt for læreutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.

Som gode naboer er det viktig å holde hverandre oppdatert om situasjonen for fysikkfaget i skolen. I denne artikkelen ønsker jeg å gi en kortfattet beskrivelse av en prosess som Norsk fysikklærerforening (en undergruppe til Norsk Fysisk Selskap) har satt i gang for å være forberedt neste gang departementet trykker på knappen og sier at nye læreplaner skal lages. Tanken bak vårt initiativ er å sette i gang en nedenfra-og-opp modell for læreplanutvikling. Med dette mener vi at det er fysikklærerne selv som gjennom sine erfaringer og tilhørende refleksjoner om fysikkfaget, skal bidra med grunnlaget for å lage den neste læreplanen i faget. Dette er et brudd med den tradisjonelle ovenfra-og-ned modellen som for tiden nesten uten unntak blir benyttet når offentlige institusjoner skal endres.

Noen fakta om fysikkfaget i norsk skole

I Norge har vi nå en 10-årig grunnskole. Elevene begynner på skolen det året de fyller 6 år, og de fleste av elevene fyller 16 år det året de begynner sin videregående utdanning. Den videregående skole (vgs) er 3-årig. Den kan grovt deles inn i allmennfaglig studieretning som leder til studiekompetanse (tilsvarende det danske gymnasiet) og yrkesfaglig utdanning som leder til et fagbrev. Om lag halvparten av våre 16-åringer velger en allmennfaglig studieretning i vgs.

På allmennfaglig studieretning er hovedandelen av fagene felles obligatoriske fag. Det første skoleåret, grunnkurset, er felles for alle elever som velger allmennfaglig retning. I løpet av dette året har elevene et fag som betegnes som naturfag. Tanken bak dette faget er at undervisningen skal ha et integrert fagperspektiv. Leser man læreplanen for dette faget er det imidlertid flere mål som kan karakteriseres som fysikkfaglige. Uten at det finnes gode kartlegginger av hva som implementeres i klasserommet i dette naturfaget vil jeg ut fra egen erfaring som lærer, samt ut fra en innsikt i de ulike læreverkene som eksisterer, anta at den fysikkfaglige dimensjonen er underrepresentert i dette faget. Det er få lærere med fysikkfaglig utdanning som underviser i dette faget.

Fysikk er altså ikke et obligatorisk fag. Det er et såkalt studieretningsfag som elever må velge selv. Dette valget gjøres første gang i det 2. året i vgs. De fleste norske elever er derfor 17 år gamle i det de får sin første undervisning i fysikk av en lærer med kompetanse i fysikk. Det kan anslås at omtrent 20% av de som går

på allmennfaglig studieretning velger å lese dette første kurset i fysikk, benevnt 2FY (5 timer i uken). I det tredje og avsluttende året velger noe over halvparten av disse elevene (svarende til 6% av alderskohorten) å fortsette med fysikk i et kurs som kalles 3FY.

Undervisnings- og forskningdepartementet i vårt land har nå lansert en ambisiøs plan for å øke denne andelen til opp mot 15% av alderskohorten [1]. Selv om tiltakene som foreslås i det samme strategidokumentet er prisverdige og lette å slutte seg til, er de dessverre vage og kan karakteriseres som tannløse. Jeg ser derfor ingen grunn til å tro at dette dokumentet fra departementet skal medføre en slik dramatisk økning i elevtallet i fysikk som målet uttrykker.

Hva vet vi om fysikkfaget i de skandinaviske landene?

Til tross for at denne artikkelen i all hovedsak beskriver norsk skolefysikk, vil jeg i dette avsnittet gi en situasjonsbeskrivelse i et skandinavisk perspektiv. På grunnlag av noen eldre data fra Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) kan man gjøre noen sammenlikning mellom de nordiske landene. Den norske andelen av elever som i 1995 valgte å fordype seg i fysikk i vgs var 8% av alderskohorten. De tilsvarende tallene for Danmark var 3% og i Sverige hele 16% [2]. Disse tallene har nok endret seg noe, men sannsynligvis ikke mye siden den gang. I Norge har eksempelvis andelen sunket til ca. 6% av alderskohorten i 2002 [1].

TIMSS gir et klart bilde av at fysikkundervisningen er god i de skandinaviske landene. Av 15 land scoret Norge og Sverige aller høyest på den faglige testen, mens Danmark på en 4. plass scoret signifikant lavere. Tar vi imidlertid hensyn til andelen fysikkelever i de respektive landene framstår spesielt de svenske resultatene som svært gode, mens de gode resultatene for både Norge og spesielt for Danmark, for en stor grad ikke kan sies å være overraskende når faget velges av så få elever. Dessuten viste bakgrunnsspørsmål til elevene at de trivdes godt med fysikkfaget i 1995 i alle de skandinaviske landene, og Danmark var det landet hvor elevene likte faget best. Denne gode trivselen med faget i Danmark som TIMSS rapporterer, står i kontrast til konklusjonene i en dansk undersøkelse, GFIII [3], som ble gjort våren 2000. I Norge har denne gode trivselen med faget imidlertid blitt bekreftet i en mer detaljert nasjonal studie, Fysikkundervisning i Norge (FUN)

[4]. I tillegg viste FUN at lærerne også var fornøyde med faget. Det er all grunn til å tro at disse trekkene ved det norske fysikkfaget i vgs kan fremskrives til dagens situasjon.

For Norges del kan vi derfor sammenfatte situasjonen slik: Vi har et fysikkfag som gir høy kompetanse sammenlignet med en rekke andre land, vi har fornøyde elever, og vi har kompetente lærere som liker å undervise faget. Det kan derfor virke merkelig at vi ønsker å sette et kritisk søkelys på et fag som oppfyller alle disse kriteriene på å være en suksess, et tema jeg vil vende tilbake til avslutningsvis.

Siste store endring: Reform 94

Reform 94 (R94) er en av de mest gjennomgripende endringene i norsk videregående utdanning. Det var en *strukturereform* hvor antall grunnkurs første året i den videregående skolen ble kraftig redusert. Det var en *innholdsreform* som medførte at noen fag forsvant og ble erstattet av nye, samt at alle læreplaner ble revidert. I tillegg var det en *rettighetsreform* som medførte at alle norske 16-åringer fikk lovfestet rett til en tre-årig videregående utdanning.

Et særpreg ved denne store reformen av norsk videregående utdanning var tempoet den ble gjennomført i. Høringsfristene var svært knappe, og reformen ble gjennomført uten at utkastet ble endret i vesentlig grad som følge av denne hektiske høringen. Norsk fysikklærerforening ble dannet i kjølvannet av denne prosessen. Man hadde erfart at i slike prosesser har man svært liten innflytelse på resultatet dersom hver og en av oss snakker med en liten sped stemme. Nå må det sies at det endelige utkastet til læreplanen i fysikk [5] ikke medførte en omveltning av faget. Hovedlinjene fra de to, tre foregående planene ble beholdt. Likevel viste prosessen at når det politiske nivå bestemmer seg for å sette i gang arbeid med læreplaner, så går prosessene så raskt at det er vanskelig å komme til med argumenter og motargumenter. I slike hastverkprosesser vil man lett fremstå som defensiv og lite konstruktiv. Styret i fysikklærerforeningen satte derfor ned et utvalg (med undertegnede som leder) som skulle iverksette nødvendige tiltak for å sikre at når læreplanene i fysikk skal revideres neste gang, så vil fysikklærerne i større grad være beredt.

Fra lærer til byråkrat

Dette utvalget har satt seg som mål å formulere en eller flere læreplaner i fysikkfaget på vegne av fysikklærerne. For å kunne oppnå dette må vi skape arenaer for debatt blant lærere og andre som har interesse for fysikkfaget.

Et prosjekt i Storbritannia, "Shaping the Future" [6], har vært en viktig inspirasjonskilde for dette arbeidet. Dette er et storstilt prosjekt i regi av Institute of Physics (IoP) som er den britiske ekvivalenten til Norsk/Dansk Fysisk Selskap. Dette arbeidet har blant annet resultert i nye fysikkurs, Advancing Physics. Prosessen fram

mot disse nye kursene var preget av at flere hundre lærere deltok aktivt på møter av ulike slag. Det var altså en prosess som beveget seg nedenfra og opp; fra klasserommet og opp i læreplannivået, fra det uformelle til det formelle, eller om man vil fra lærer til byråkrat. Dette er den rake motsetningen av prosessen med R94 kort beskrevet ovenfor. Selv om vi er et lite land, og vår forening ikke disponerer de midler som det IoP avsatte til sitt arbeid med fysikkfaget i skolen, ønsker vi å arbeide ut fra de samme prinsippene. Vi bestemte oss raskt for at vårt mandat skulle være å få en skikkelig debatt, først lokalt/regionalt, og deretter en samlende nasjonal debatt på neste Fysikermøte (en konferanse arrangert av Norsk Fysisk Selskap hvert andre år) som vil finne sted i august 2003 [7].

For at en slik debatt skal fungere som et aktivt bidrag til arbeidet med nye læreplaner er det to forutsetninger som må oppfylles. For det første må man ha et diskusjonsgrunnlag som gjør at debatten fokuserer om sentrale momenter. Vår erfaring er at svakt fokuserte debatter ofte ikke resulterer i et konkret produkt. I stedet vil man i debatter hvor grunnlaget ikke er felles oppleve at debatten går i alle retninger uten en rød tråd, og man opplever ofte at både skinnenigheter og skinnuenigheter forekommer. Vi valgte derfor å formulere noen få sentrale tema som debatten skulle opplyse om:

- Er fysikk et allmenndannende fag eller er det primært et fag for elever som ønsker en spesialkompetanse?
- Kan vi organisere fysikkfaget annerledes i skolen? Inkludert i dette spørsmålet er fagstruktur og læreplanstruktur.
- I hvilken grad kan vi få inn emner som viser hva fysikere driver med i dag?
- Hvilken rolle spiller matematikken i fysikkfaget?
- Hvordan kan vi best utnytte IKT i vårt fag?
- Hvilket forhold bør det være mellom læreplan og eksamen?
- Hvordan kan læreplanarbeid informeres av forskning?

Vi ble enige med redaksjonen i "Fra Fysikkens Verden", den norske ekvivalenten til Kvant, om et spesialnummer [8]. Til dette nummeret utfordret vi personer fra ulike miljø; fysikere på universitetet, fagdidaktikere og fysikklærere til å skrive korte, fokuserte innlegg.

Den andre forutsetningen som må oppfylles er å finne/etablere arenaer for debatt. I vår forening har vi delt landet inn i regioner. Dette har i lang tid vært et dødt nettverk som ikke har vært brukt særlig aktivt. Vi valgte imidlertid å forsøke å få liv i dette nettet. For å få til dette har vi oppfordret alle regionslederne til å arrangere regionale seminarer. Hver region har blitt utfordret til å gå i dybden på ett av de foreslåtte temaene. I skrivende stund har flere slike arrangementer funnet sted eller er planlagt rundt omkring i landet. I tillegg til disse "ekte" arenaene har vi etablert et virtuelt debatt-

forum på våre nettsider [8]. Det viser seg at vi har startvansker med å få liv i denne debattformen. Dette kan sannsynligvis forklares med noe dårlig markedsføring, men også ut fra det faktum at den norske fysikklæreren har høy gjennomsnittsalder og han eller hun er sannsynligvis ikke vant til en slik kommunikasjonskanal. Jeg utfordrer gjerne leseren av Kvant til å gå inn på vårt debattforum å delta [8].

Helt konkret vil dette resultere i en eller flere konkrete utkast til læreplaner. Disse læreplanene vil bli sett i sammenheng med at departementet i det tidligere nevnte strategidokumentet uttrykker et ønske om å ha en utvikling gjennom lokale forsøks tiltak. Vi ønsker å knytte denne prosessen med utvikling av læreplaner til forskning. Å forske seg fram til gode læreplaner er i utgangspunktet svært vanskelig, særlig dersom begrepet forskning oppfattes snevert som å finne kausale sammenhenger mellom læreplaner og elevenes utbytte. Imidlertid kan man mer systematisk enn det som er gjort tidligere i norsk skolehistorie, sette i gang forsøk som beskrives og gis en analytisk forståelse av andre enn den læreren som gjennomfører undervisningen. Forsøksvirksomheten i skolen har hatt en tendens til å forbli lokale idealisters ensomme slit for å få til en bedre undervisning på sin skole. Selve begrepet "bedre undervisning" er også et svært uklart begrep som oppfattes ulikt i ulike forsøk. Som regel opplever man at kriteriet for å evaluere at noe er bedre, er satt slik at forsøket alltid vil resultere i suksess. Gjennom å lansere et eller flere prosjekter i større skala, kan man på en mer konsistent måte få studert hva som skjer når nye læreplaner implementeres. Man kan dessuten mer eksplisitt definere et felles kriterium for hva som skal regnes som en suksessfull læreplan i de ulike forsøkene.

Avsluttende kommentar

Det kan som sagt synes paradoksalt å sette i gang en debatt om fysikkfaget i vårt land som med beskrivelsen gitt ovenfor synes å være en suksess. Formålet med en slik debatt er imidlertid flerfoldig. For det første er det svært viktig å samle de gode erfaringene: Hva synes å være de viktigste faktorene for å forklare denne suksessen? En mulig hypotese er at fysikkfaget i både norsk og dansk skole er en suksess fordi det er selektivt på minst tre måter. For det første har man lyktes i å selekttere sterke lærekrefter inn i skolen, spesielt skjedde dette i løpet 70-tallet. Imidlertid er det ingen garanti for at det vil fortsette å være slik. Svært få av de som i dag fullfører et hovedfag i fysikk, velger seg en karriere i skolen. Denne kombinasjonen av en lærerstab som nærmer seg pensjonsalderen, og den sviktende rekrutteringen, vil jeg karakterisere som en udetonert bombe. Hvis vi framskriver dagens situasjon, eksploderer denne bomben om 5–10 år.

En annen mekanisme som forklarer fagets suksess, er seleksjonen av de mest skoleflinke elevene. Ikke bare er fysikkelevne betydelig flinkere (det vil si at

de får bedre karakterer i alle de andre fagene) enn sine medelever som ikke velger fysikk, men det er også en seleksjon som fører til at svært motiverte elever velger faget. I det første fysikkkurset, 2FY, er det innslag av elever som velger faget instrumentelt fordi de må ha det for å komme seg inn på et ønsket høyere studium. Imidlertid er det ingen høyere studier som krever det påfølgende kurset, 3FY. De elevene som velger dette kurset kan vi derfor anta er motivert ut fra egen interesse for faget.

En tredje seleksjonsmekanisme knyttet til dagens fysikkfag i skolen, er den seleksjon av emner og problemstillinger som inngår i læreplanen. Gjennom dette defineres fysikk som et fag som besjeftiger seg med å studere et begrenset sett av fenomener. Imidlertid er det grunn til å legge vekt på at fysikerne i dag studerer fenomener som ligger utenfor en slik definisjon. I stedet kan det synes som om det definerende kriteriet for fysikken i dag er den tilnærming som fysikere har på problemstillinger, det være seg problemstillinger innen økonomi, computervitenskap, biologi eller det som tradisjonelt har vært å oppfatte som fysikk [9,10]. Det er derfor grunn til å påpeke at en elementær innsikt i hvordan fysikere typisk studerer verden er relevant for mange framtidige spesialiseringer. I så måte har fysikerne gjennom hva de faktisk gjør i dag, synliggjort at fysikk også er et viktig allmennfag.

Det er derfor rimelig å konkludere at for de lærerne og elevene som vi har i dag og slik fysikk som disiplin tradisjonelt har vært oppfattet, så er fysikkfaget et svært godt fag. Tar vi imidlertid hensyn til at fysikken bør tiltrekke seg andre typer studenter; framtidige økonomer, biologer, prester og jurister, for å nevne noen yrkesgrupper som fysikk kan oppfattes som relevant for, er det grunn til å tro at vi trenger et annerledes fag.

Med de mål som også vår regjering har satt for økning i elevtallet, må vi sannsynligvis gjøre vårt fysikkfag til et fag som fanger en bredere interesse. Jeg vil anta at de problemstillingene vi baler med her oppe, er like relevante for Danmark med bare 3% deltagelse på det høyeste fysikkkurset i gymnasiet. I Danmark har dere dessuten et unikt grunnlagsmateriale gjennom alle de studier og undersøkelser som er gjennomført i fysikkfaget i løpet av de seneste årene [3, 11, 12].

En annen grunn for å sette i gang en debatt er selvsagt at den er verdifull i seg selv. En god metafor for å forstå dette er de råd som i dag gis for oss som leser mye, enten på skjerm eller papir. Dette rådet går ut på at man hvert 15. minutt skal feste blikket på et punkt noe lengre unna. Når man så etter noe tid retter blikket på boken eller skjermen, vil øynene være uthvilte. På samme måte har man som lærer lett for å bli trøtt og sliten av å skulle administrere alle de praktiske sidene ved undervisningen sin. Ved å delta på en slik debatt vil man rette sin oppmerksomhet mot noe som er utenfor den nære skolevirkeligheten. Håpet er at man gjennom dette "minuttet" med fjernfokusering skal stille

mer rustet til å møte de praktiske og nære problemene og utfordringene.

Referencer:

- [1] Undervisnings- og forskningsdepartementet (2002) "Realfag Naturligvis". Strategi for styrking av realfagene 2002-2007. www.odin.dep.no/ufd/norsk/publ/handlingsplaner/045051-990020/index-dok000-b-n-a.html.
- [2] C. Angell, M. Kjærnsli og S. Lie (1999) "Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?" Oslo: Universitetsforlaget.
- [3] L. B. Krogh, P. Arnborg og P. V. Thomsen (2001) "GFIII-rapport, del A: Hvordan gikk det så med fysikkundervisningen og elevenes udbytte?" CND's skriftserie, no. 3. Se også <http://www.nat.au.dk/CND>.
- [4] E. K. Henriksen, C. Angell og A. Isnes (2000) "FUN – Fysikkutdanning i Norge". *Fysikkens Verden*, **62**. årgang, nr. 4, ss. 118–122. Se også <http://www.fys.uio.no/skolelab/fun/>.
- [5] <http://skolenettet3.ls.no/dok/lp/fysikk.html>.
- [6] <http://post16.iop.org>.
- [7] <http://www.fys.uio.no/fysikermote/>.
- [8] *Fysikkens Verden*, **64**. årgang, nr. 3. Artiklene som tilhører spesialnummeret er også tilgjengelig på <http://www.fysikkforum.no/Debutt/index.htm>.
- [9] J. Dyre (2002) "Back to basics". *Kvant*, **13**. årgang, nr. 3, ss. 34–35.
- [10] G. Einevold (2002) "Fysikkfaget i vårt århundre". *Fysikkens Verden*, **64**. årgang, nr. 3, ss. 75–76. <http://www.fysikkforum.no/Debutt/Einevold.pdf>.
- [11] Uddannelsesstyrelsen (2001) "At Lære Fysik". Uddannelsesstyrelsens temahæfteserie nr. 19. <http://pub.uvm.dk/2001/fysik>.
- [12] Danmarks Evalueringsinstitut (2001) "Fysik i skolen – skolen i fysik".



Rolf Vegar Olsen er stipendiat ved Universitetet i Oslo og styremedlem i Norsk fysikklærerforening.

Nyt fra Dansk Fysisk Selskab

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.nbi.dk/dfs

Henrik Bruus (formand)
MIC bygn. 345Ø, DTU
2800 Kongens Lyngby

E-mail: bruus@mic.dtu.dk
Tlf. 4525 6399 / Fax 4588 7762



Jan W. Thomsen (næstformand) (jwt@fys.ku.dk)
Erik Horsdal Pedersen (kasserer) (horsdal@ifa.au.dk)
Per Morgen (per@fysik.sdu.dk)
Ole Bakander (ole.bakander@post.tele.dk)
Dorthe Posselt (dorthe@mmf.ruc.dk)
Hans C. Fogedby (fogedby@ifa.au.dk)
Poul V. Thomsen (pvt@ifa.au.dk)

DFS årsmøde 2003

Dansk Fysisk Selskab afholder sit årsmøde 2003 på Hotel Nyborg Strand. Mødet starter torsdag den 12. juni kl. 11 og slutter fredag den 13. juni kl. 17. På andendagen afholder DFS sin årlige generalforsamling.

Som de foregående år afholdes det årlige astronomimøde, sponsoreret af SNF's Instrumentcenter for Jordbaseret Astronomisk Forskning (IJAF) sammen

med DFS årsmødet. Dagen efter DFS-årsmødet, lørdag den 14. juni, holder netværk for Kvinder i Fysik (KIF) sit årlige møde.

DFS-årsmødet vil indeholde følgende plenarforedrag: Ken Peach (Rutherford Lab) *Neutrino oscillations*, Howard Berg (Harvard University) *Motility of bacteria*, Anne Kinney (NASA) *From Blue Planets to Black Holes*, Subir Sachdev (Yale University) *Quantum phase transitions* og Thomas Bjørnholm (Københavns Universitet) *Molecular Electronics. Status and prospects*. Endvidere vil Jørgen Christensen-Dalsgaard (Aarhus Universitet) holde aftenfordraget *Stars: physics laboratories in the sky*. Derudover vil der være parallelsessioner om astrofysik, atomfysik, faststoffysik, højenergifysik, geofysik samt uddannelse og undervisning. Sideløbende hermed vil forskningsresultater blive præsenteret som posters. DFS lægger herunder særlig vægt på at give yngre forskere mulighed for at præsentere deres resultater for en bredere kreds. Endelig vil en række firmaer demonstrere nyt forskningsapparat på en udstilling.

Alle landets fysikere opfordres til at deltage i Dansk Fysisk Selskabs årsmøde med indlæg og posters og ikke mindst til at bidrage til en livlig diskussion.

Program

Årsmødeprogrammet findes på DFS's hjemmeside (www.nbi.dk/dfs). Det vil løbende blive opdateret i takt med modtagelsen af indsendte abstracts. Det endelige

program forventes at være klart medio maj.

DFS posterprisen 2003

I år ønsker DFS at øge fokus på årsmødets postersession. Kriterierne, som komiteen efter bedste evne vil benytte under udvælgelsen af årsmødets bedste poster er følgende: Originalt videnskabeligt indhold, rimelig informationsmængde, æstetik, overskuelighed, struktur, 'special effects', og endelig er en engageret præsentation også et plus. De tre bedste poster vil udover den obligate vin- og chokoladepremie også blive hædret med diplomer samt få tilbud om at publicere en redigeret version af posteren i Kvant. Endelig vil studerende til og med Ph.D.-niveau fra den vindende poster få tildelt et års medlemskab af DFS. Vinderne kåres udmiddelbart efter DFS's generalforsamling.

Frist for tilmelding og indsendelse af abstracts

Fristen for tilmelding til årsmødet og for indsendelse af abstracts er **fredag den 4. april 2003**. Tilmeldinger modtages dog også efter denne dato, så længe der er plads på hotellet, men studerende kan ikke søge om friplads (se nedenfor) efter tilmeldingsfristens udløb. Også abstracts kan indsendes efter fristens udløb, men dels kommer disse ikke nødvendigvis med i abstractbogen og dels får indsenderen kun mulighed for en posterpræsentation.

Tilmelding, indkvartering, priser m.v.

Tilmelding til DFS/IJAF/KIF-møderne foretages direkte til Hotel Nyborg Strand. Benyt venligst internetlinket til hotellet på DFS's hjemmeside (www.nbi.dk/dfs). Møderne samt indkvartering foregår på Hotel Nyborg Strand, Østerøvej 2, DK 5800 Nyborg. (tlf. 6531 3131, fax 6531 3701). Pris for mødedeltagelse, incl. eventuel overnatning og diverse måltider, fremgår af hjemmesiden. Betalingsmåder vil fremgå af hotellets bekræftelse, som fremsendes i starten af maj måned. Bemærk, at man frem til den 12. april frit kan afbestille sin tilmelding, men **efter denne dato er tilmeldinger almindeligvis bindende**. Har man ikke adgang til internettet kan vedlagte tilmeldingsblanket udfyldes og sendes til Hotel Nyborg Strand.

Fripladser for studerende: Søg inden den 4. april!

For studerende, der ikke er indskrevet på Ph.D.-studiet, vil der være et antal fripladser. Ansøgning om en af fripladserne sker automatisk ved at afkrydse den relevante rubrik på hjemmesiden/tilmeldingsskemaet. Fripladser til astronomistuderende sponsoreres af IJAF, og fordeles uafhængigt af om ansøgeren er medlem af DFS eller ej. Andre studerende kan få friplads af DFS, og her er det en forudsætning, at man er medlem. Fripladserne vil blive fordelt kort tid efter tilmeldingsfristens udløb, og man vil modtage særskilt besked

herom den 12. april. Hvis pladserne er brugt op, har man fortsat mulighed for at deltage mod betaling som anført på tilmeldingsskemaet.

Abstracts

Abstract indsendes via DFS's hjemmeside (www.nbi.dk/dfs). Fristen for indsendelse af abstracts er **fredag den 4. april 2003**.

DFS's sektioner og IJAF (SNF's Instrumentcenter for Jordbaseret Astronomisk Forskning) sammensætter programmet på grundlag af bl.a. de indsendte abstracts, og deltagerne vil få meddelelse herom, hvis deres bidrag er udvalgt til et foredrag. De øvrige bidrag (samt hvis man ikke ønsker foredrag) vil blive præsenteret i en posterudstilling. Posterboards er 1.15 m brede og 1.45 m høje, og de er hævet ca. 30–40 cm over gulvet. Se endvidere omtalen af DFS posterprisen 2003 ovenfor.

De indsendte abstracts vil løbende være tilgængelige på internettet. Overhold venligst tidsfristen for rettidig indsendelse (se afsnittet om tidsfrister ovenfor).

Sprog

Årsmødets sprog er engelsk. Enkelte af sessionerne, f.eks. indenfor uddannelse og undervisning, vil foregå på dansk. Deltagerne bedes indrette deres præsentationer efter, at hovedparten af tilhørerne er ikke-specialister i det behandlede emne.

Transport

Transport til/fra Nyborg sørger deltagerne selv for. Der bliver arrangeret bustransport mellem Nyborg Station og hotel Nyborg Strand i forbindelse med årsmødets start torsdag formiddag og årsmødets afslutning fredag eftermiddag. Angiv venligst på tilmeldingsblanketten om der påregnes deltagelse i denne fælles bustransport.

Yderligere information

Spørgsmål vedrørende årsmødet besvares ved at sende en e-mail til dfs@nbi.dk. Benyt venligst kun denne adresse til henvendelser vedr. årsmødet.

KIF årsmøde 14. juni 2003

Netværk for Kvinder i Fysik (KIF) afholder sit årsmøde lørdag 14. juni 2003, ligeledes på Nyborg Strand. Mødet, der starter kl. 10, omfatter faglige foredrag af kvindelige danske fysikere samt et foredrag af en udenlandsk fysiker over et mere generelt "kvinder i fysik"-tema. Alle er velkomne til at overvære foredragene. Dagen afsluttes med et netværksmøde med yderligere udveksling af erfaring og diskussion. For yderligere information, kontakt Dorthe Posselt, IMFUFA, RUC, 4000 Roskilde. Tel. 4674 2607 eller dorthe@ruc.dk. Tilmelding sker via DFS's hjemmeside. Se også KIF's hjemmeside www.nbi.dk/kif for program.

Tilmeldingsblanket - DFS Årsmøde 2003

DFS, IJAF og KIF årsmøder

Bemærk!! Tilmelding bør helst foregå via DFS's hjemmeside www.nbi.dk/dfs

Navn: _____
Institution: _____
Adresse: _____
Postnr. og by: _____
Telefon: _____ E-mail: _____

Tilmelding her gælder deltagelse i DFS-årsmødet 12. juni–13. juni 2003, overnatning natten mellem torsdag og fredag samt alle måltider fra torsdag formiddag til fredag eftermiddag. Bemærk, at DFS-medlemmer får rabat på deltagergebyret.

- ☐ Deltager (incl. Ph.D. studerende) med overnatning på enkeltværelse; DFS-medlem; 2.180 kr.
- ☐ Deltager (incl. Ph.D. studerende) med overnatning på enkeltværelse; ikke-medlem; 2.510 kr.
- ☐ Deltager (incl. Ph.D. studerende) med overnatning på dobbeltværelse; DFS-medlem; 1.890 kr.
- ☐ Deltager (incl. Ph.D. studerende) med overnatning på dobbeltværelse; ikke-medlem; 2.220 kr.

- ☐ Deltager (også studerende) uden overnatning; DFS-medlem; 1.400 kr.
- ☐ Deltager (også studerende) uden overnatning; ikke-medlem; 1.700 kr.

- ☐ Studerende med overnatning på delt tre-sengs værelse; DFS-medlem; 1.570 kr.
- ☐ Studerende med overnatning på delt tre-sengs værelse; ikke-medlem; 1.700 kr.
- ☐ Astronomistuderende (ikke Ph.D) - søger IJAF friplads.
- ☐ Fysikstuderende (ikke Ph.D) og medlem af DFS - søger DFS friplads.

- ☐ Deltager (også studerende) dagmøde; kun frokost; uden overnatning; 650 kr.
- ☐ Deltager (også studerende) dagmøde; frokost og middag; uden overnatning 1.100 kr.

- ☐ Jeg ønsker bustransport mellem station og hotel.

KIF-årsmødet 14. juni 2003

Tilmelding her gælder deltagelse i KIF-årsmødet lørdag 14. juni 2003 samt frokost og eftermiddagskaffe. Overnatning er natten mellem fredag og lørdag (incl. morgenmad).

- ☐ Deltager med overnatning på enkeltværelse; 1.150 kr.
- ☐ Deltager med overnatning på dobbeltværelse; 830 kr.
- ☐ Deltager uden overnatning; 295 kr.

Denne blanket indsendes bedst i internetversionen på DFS-hjemmesiden www.nbi.dk, men den kan også sendes med brev eller fax senest den 4. april 2003 til Hotel Nyborg Strand, 5800 Nyborg. Mærk kuerten 'DFS 2003'.

Nyt fra Dansk Geofysisk Forening

Dansk Geofysisk Forening

Hjemmeside: www.gfy.ku.dk/~dgf

Geofysisk Afdeling
Juliane Maries Vej 30
2100 København Ø
E-mail: dgf@gfy.ku.dk

Kristian Keller (formand) (krk@kms.dk)

Karen Guldbæk Schmidt (kgs@gfy.ku.dk)

Lennart Sorth (Lennart.Sorth@uni-c.dk)

Lars Stenseng

Anders Svensson (kasserer) (as@gfy.ku.dk)

Generalforsamling 2003

1. Valg af dirigent

Valget faldt på Aksel Walløe Hansen.

2. Formandens beretning

Formand Kristian Keller fremlagde sin beretning for året der gik:

Årets arrangementer har generelt været meget vellykkede. I foråret havde vi to særdeles velbesøgte arrangementer, Svante Björk talte om forbindelsen mellem solaktiviteten og klimaet i forbindelse med sidste generalforsamling og senere på foråret hørte vi om det geofysiske arbejde i firmaet Rambøll. I efteråret havde vi et dobbeltarrangement om vores magnetiske klode.

Den 1. november blev der for første gang afholdt en geofysikdag for alle studerende med interesse for geofysik. Arrangementet blev afholdt i et meget fint samarbejde med Geofysisk Afdeling, KU og Geofysisk Studenter Forening og var særdeles vellykket med over 100 deltagere fra KU, AU, DTU, DMI, DMU samt hele 9 deltagende firmaer til virksomhedsmessen. Vores evaluering blandt både studerende og virksomheder har været meget positiv, og vi er blevet opfordret af mange til at gentage succesen. Det krævede dog et meget stort arbejde (især af Karen og Anders), som næste gang bør fordeles på flere skuldre.

Men efter alle disse succeshistorier måtte vi desværre aflyse vores julearrangement om vin og geologi (som ellers havde været en kæmpe succes i 1998) pga. for få tilmeldinger. Grunden kunne være at arrangementet var for dyrt eller at vi havde fundet et juletravlt tidspunkt, så folk var forhindrede i at komme.

Medlemstallet for foreningen har aldrig været større end nu: 154 medlemmer. Dette skyldes en stor fremgang i antallet af studentermedlemmer, efter at det sidste år blev vedtaget at det første år skulle være gratis for studerende. Foreningens hjemmeside har også

fået en meget stor, fin og tiltrængt ansigtsløftning (af Karen), og især i forbindelse med Geofysikdagen bestod den sin prøve, da næsten al kommunikation blev udsendt via <http://www.gfy.ku.dk/dgf>

3. Fremlæggelse af regnskab

Kasserer Anders Svensson fremlagde årets regnskab, der lød på et underskud på 6036 kr. Sidste generalforsamling havde netop givet bestyrelsen mandat til at bruge nogle af foreningens penge på afholdelse af geofysikdag og en kontingentsættelse, der betyder at det er gratis for studerende at være medlemmer det første år. Der blev fra salen spurgt hvorfor vi ikke fik flere renter af vores indestående, og bestyrelsen vil nu undersøge om det er muligt at opnå en højere rente af vores beholdning. Der var dog enighed om at højeste prioritering var en enkel arbejdsgang for kassereren.

Rejsesondens regnskab blev også fremlagt og godkendt, Kassereren bemærkede at legatet ikke var blevet uddelt i efteråret, da der ikke var nogen ansøgere. Bestyrelsen vil sammen med P. V. Sharma i nær fremtid arbejde på at få ændret lidt i reglerne omkring uddelingen af legatet, så vi i fremtiden vil kunne uddele større beløb.

4. Valg af bestyrelse

Bestyrelsens foreslag var at Lars Stenseng skulle afløse Henning Haack i bestyrelsen, og at de øvrige medlemmer stillede op til genvalg. Henning slipper dog ikke kontakten til bestyrelsen helt, idet bestyrelsen har brug for hans store erfaring med at tilrettelægge vores fremtidige foredrag.

5. Valg af revisor

Carl Christian Tscherning havde på sidste generalforsamling meddelt at han ikke stillede op til genvalg i år. Bestyrelsen vil gerne takke CCT for hans indsats som revisor for foreningen gennem mange år. Som ny revisor foreslog bestyrelsen aftenens foredragsholder Søren Gregersen til posten. Søren har tidligere været kasserer i den Internationale Union for Geodæsi og Geofysik, IUGG gennem 12 år og skulle således være kvalificeret til posten.

6. Indkomne forslag

Der var ingen indkomne forslag.

7. Eventuelt

Evalueringen fra de studerende i forbindelse med geofysikdagen blev gennemgået. Generelt var alle tilfredse og 50 ud af 53 besvarelser ville komme igen. De fleste prioriterede at høre andres studerendes foredrag og mulighed for at skabe kontakt til virksomheder, som de vigtigste grunde til deres fremmøde. Til en anden gang er vi blevet foreslået at uddele navneskilte til folk samt at det kun skulle være studerende der kunne stille

spørgsmål til foredragsholderne. Om aftenen holdt Jens Martin Knudsen foredraget "Magnetisme på Mars", der udover beretningen om danske eksperimenter på NASAs missioner til Mars også kom ind på grundlaget for livets opståen i solsystemet. Bagefter stod Geofysisk Studenter Forening for fredagsbar i studenterkælderen, der denne aften var godt fyldt op med glade folk.

Aftenens foredrag

Efter generalforsamlingen holdt statsseismolog Søren Gregersen fra Kort & Matrikelstyrelsen foredraget: "Overvintring på Grønlands Indlandsis 1960-61, under den kolde krig". Søren fortalte levende om sine oplevelser illustreret med lysbilleder, da han som eneste dansker og spejder blev inviteret til at overvintre på den amerikanske militærbase Camp Century, der var gravet ned under isens overflade.

Blandt de 30 tilhørere til foredraget var en del glaciologer som senere havde besøgt stationen i forbindelse med nogle af de første iskerneboringer på

Grønland, så efter foredraget blev der livligt udvekslet oplevelser og historier.

Referent: Karen G. Schmidt 13.03.2003

Dobbeltforedrag om oceanografi

Tirsdag den 29. april kl. 19.00 byder DGF på to foredrag ca. 45 minutter med en ca. 30 minutters pause imellem.

Sted: Auditoriet, Geofysisk Afdeling, Juliane Maries Vej 30, 2100 Kbh Ø

Havet og Klimaændringer
v/Philip Kruse Jakobsen, DMI

Telemåling og dybvandsdannelse i Grønlandshavet
v/Leif Toudal, DTU

Programmet for foreningens arrangementer bliver foruden via foreningens hjemmeside og mailingliste annonceret til medlemmerne ved udsendelse af et trykt program i august/september. Ønsker man at komme på mailinglisten kan man sende en mail til dgf@gfy.ku.dk.

12 tums teleskop stulet från Höskolan Kristianstad

Jonas Persson, Höskolan Kristianstad

Jag har mycket tråkiga nyheter att meddela. Någon gång mellan 22/12 på förmiddagen och 23/12 på morgonen har vi haft inbrott i Höskolans Kristianstad observatorium. Någon har brutit upp kupolen, skruvat loss hela teleskopet inklusive "wedge" och sedan på något sätt fått ner hela teleskopet från taket och fraktat bort det i bil.

Teleskopet som är stulet är av följande typ:

Meade 12 tum F 10 Schmidt-Cassegrain LX 200 med handkontrollenhet samt så kallad "superwedge". Teleskopet var dessutom försett med 2-tums vinkelprisma med 1 1/4" adapter samt Meades finaste hårkorsokular. Dessutom är teleskopet utrustat med motordriven fokusering av Meades originalmodell.

Teleskopet har varit ute till försäljning på en auktions-sajt. Något som jag fick tips om och kunde informera polisen som tog personen som hade satt upp teleskopet till försäljning. Tyvärr hittade inte polisen teleskopet och personen nekade till att det var han som hade teleskopet, han var bara ombud för en annan person. Detta gjorde att polisen inte kunde göra något.

Vi vet med andra ord att teleskopet finns, ort och

vem som vet var det finns, men kan inte göra något. Det finns en risk att han har dumpat teleskopet i skogen, men vår misstanke är att han håller det undan tills uppståndelsen har lagt sig. Det finns då en överhängande risk att det dyker upp till försäljning igen, antingen direkt eller via andra hälare, möjligtvis till Danmark eller Tyskland.

Det är således på sin plats att varna amatör-astronomer i Danmark för detta. Dessutom är vi nu helt säkra på att Teleskopets motorer och växlar har skadats, då tjuvarna inte har några som helst kunskaper om hur det skall behandlas.

Teleskopet kan försäljas över Internet eller i tidningsannonser och därför är det väldigt viktigt att om någon sådan annons dyker upp, som ser misstänkt ut (t.ex. för billigt) – eller hör talas om ett sådant teleskop till försäljning – att ni hör av er till Polisen i Kristianstad eller till :

Urban Eriksson: urban.eriksson@staff.hkr.se Telefon: 044-20 34 45 eller 044-931 00

Jonas Persson: Jonas.Persson@mna.hkr.se Telefon: 044-20 34 50

Nyt fra Astronomisk Selskab

Astronomisk Selskab

Hjemmeside: AS.dsri.dk

Michael Quaade (formand)
Hviddingvej 48
2610 Rødovre

E-mail: mq@dsri.dk
Tlf. 36 72 36 34 (priv.) / 43 58 69 47 (arb.)

Hans Sørensen (kasserer)
Stavnsholtvej 32
3520 Farum

E-mail: hans-soh@post1.tele.dk
Tlf. 44 95 11 79



Generalforsamling i Astronomisk Selskab 2003

I år holdes Astronomisk Selskabs generalforsamling **lørdag den 5. april** på Ole Rømer Observatoriet, Observatorievej, 8270 Højbjerg.

Program:

Kl. 11: Søren Frandsen, Institut for Fysik og Astronomi, Århus Universitet viser rundt på Ole Rømer Observatoriet. Observatoriets kikkerter er blevet renoveret/udskiftet, og Søren Frandsen vil fortælle os om denne proces og dens formål.

Kl. 12: Spisning inden generalforsamlingen. Foreningen giver sandwiches. Øl og vand kan købes på stedet. Af hensyn til planlægningen bedes man bestille sandwiches hos enten:
Torben Tastrup, tlf. 8699 3467, email: TTAU@inet.uni2.dk eller
Erik Høeg, tlf. 8698 5004, email: eh@khoeg.dk.

Kl. 13: Generalforsamlingen starter.

Efter generalforsamlingen bliver der mulighed for at besøge TOC Observatory i Skjødstrup, hvor man kan bese Torben Tastrup og Flemming Ovesens hjemmebyggede 12.5" newtonteleskop.

Dagsordenen findes i *Knudepunktet 2003/1*. Det er kun Astronomisk Selskabs medlemmer, der har adgang til generalforsamlingen, men rundvisningerne på begge observatorier er åben for alle.

Højskoleastronomi

På højskolerne i Ry og Silkeborg holdes der i juli kurser med astronomirelateret indhold. Deltagerne indkvarteres på skolen i kursusperioden på traditionel

højskolevis. Priserne ligger mellem 2.750 og 3.550 kroner og afhænger bl.a. af om man vil bo i enkelt- eller dobbeltværelse.

På Silkeborg Højskole holdes kurset *Astronomi – fra fysik til filosofi* i dagene 13–19. juli 2003. Dagen efter starter på Ry Højskole kurset *Det gådefulde univers*, som holdes i perioden 20–26. juli.

For yderligere oplysninger kan man kontakte højskolerne:

Silkeborg Højskole
Platanvej 12
8600 Silkeborg
8682 2933 (kl. 9–16)
info@silkeborghojskole.dk
www.silkeborghojskole.dk

Ry Højskole
Klostervej 36
8680 Ry
8689 1888
www.ryhojskole.dk

Stjernernes Puls – Astronomisk Selskabs foredragsrække i foråret

Ligesom de tidligere år afholder Astronomisk Selskab i samarbejde med Folkeuniversitetet og Tycho Brahe Planetarium i løbet af foråret 2002 fem foredrag i København og Århus. Denne gang har foredragene fællestitlen *Stjernernes Puls* og handler om variationen i udstrålingen hos stjerner og andre objekter.

Der er stadig to foredrag tilbage i serien, som afholdes mandage kl. 19:15–21:00.

Søren Frandsen, Institut for fysik og Astronomi, Århus: **Seismologi i kuglehobe**
7. april i København
28. april i Århus

Hans Kjeldsen, Institut for fysik og Astronomi, Århus: **Et kor af svingende stjerner**
12. maj i København
19. maj i Århus

I København holdes foredragene i auditoriet på Rockefeller Bygningen, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

I Århus er adressen: Aarhus Universitet, Matematisk Institut, Auditorium D3, Ny Munkegade, 8000 Århus C.

Foredragsrækken er tilrettelagt af Michael Quaade og Bjarne Thomsen.

Breddeopgaver nr. 11, 12 og 13

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

I KVANT nr. 4 (december 2002) bragte vi breddeopgave nr. 11: *Hvordan afhænger ildkraften af en kanon af kanonløbets længde? Begrund svaret.* Her er så løsningen og kommentar til opgaven.

Løsning

“Ildkraft” vælger jeg at tolke som den bevægelsesenergi, som kanonen tilfører kanonkuglen. Dernæst antager jeg, at kanonaffyringer sker ved, at der først sker en eksplosion af krudtet i et begrænset volumen, V_o , bag kuglen, hvorefter eksplosionsgassen presser kuglen ud af kanonen ved at udvide sit volumen til kanonløbsvoluminet V_L , uden at gassen når at afgive varme til eller modtage varme fra kanonløbet.

Ildkraften er så det samme som arbejdet udført af eksplosionsgassen på kanonkuglen ved denne adiabatisk ekspansion:

$$\begin{aligned}\text{Ildkraft} &= \int_{V_o}^{V_L} P dV \\&= V_o^\gamma P_o \int_{V_o}^{V_L} V^{-\gamma} dV \\&= \frac{V_o^\gamma P_o}{\gamma - 1} \left(\frac{1}{V_o^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_L^{\gamma-1}} \right) \\&= \frac{V_o P_o}{\gamma - 1} \left(1 - \frac{L_o}{L} \right)^{\gamma-1} \\&= U_o \left(1 - \frac{L_o}{L} \right)^{\gamma-1}\end{aligned}$$

Ved udregningen er benyttet den adiabatisk ligning $V^\gamma P = V_o^\gamma P_o$, hvor γ er forholdet mellem gassens varmekapaciteter ved konstant tryk og varmekapaciteten ved konstant volumen og P_o er gassens tryk efter krudtekspllosionen medens voluminet stadig er V_o . Det er også benyttet, at $V_o/V_L = L_o/L$, hvor L_o er længden af det stykke kanonløb, der ligger bag kuglen før den begynder at bevæge sig, og L er længden af hele kanonløbet. Endelig er $V_o P_o / (\gamma - 1)$ identificeret som den indre energi af gassen efter eksplosionen, U_o .

Det ses, at ildkraften asymptotisk går mod U_o , når kanonløbslængden L bliver stor. Hvilket virker rimeligt.

Kommentar

Jeg forventede ikke nødvendigvis, at de studerende til eksamen skulle fremkomme med min løsning som her skitseret. F.eks. rummer svaret, at ildkraften er proportional med kanonløbets længde, fordi det gælder for det udførte arbejde på kanonkuglen ved konstant tryk bag den på dens vej ud gennem kanonløbet, også en del fysikforståelse til forskel fra f.eks. at mene, at kanonløbslængden alene tjener sigteformål og ingen betydning har for ildkraften. Om tidsskalaen for eksplosionen af krudtet og tidsskalaen for kanonkuglens bevægelse ud gennem kanonrøret i praksis kan adskilles som forudsat i min løsning, ved jeg ikke. Hvis krudtet brænder samtidigt med at kuglen bevæger sig ud gennem kanonrøret behøver den isobare betragtning ikke nødvendigvis være så forkert.

Jeg går ud fra, at der findes våbeneksperter, der kan fortælle, hvor gode eller dårlige tilnærmelser den adiabatisk, den isobare eller andre approksimationer er for kanoner, selvom det ikke er så afgørende for fysikundervisningsformålet med at beskæftige sig med dem. Tværtimod at uafklaretheden om det faktuelle virker forstyrrende på undervisningen, er det min erfaring fra breddemodulkurset på RUC, at det i en undervisning bygget op omkring tidligere eksamensopgaver som denne kan virke som en ansporing, at ikke alt ligger klart. Hvilket ikke skal misforstås derhen, at det er i orden, at læreren er et tågehorn, der overlader alt til de studerende.

Breddeopgaver nr. 12 og 13

Breddeopgaverne nr. 12 og nr. 13 er benyttet i undervisningen i det såkaldte breddekursus på RUCs overbygningsuddannelse i fysik, men de er undtagelsesvist ikke opgaver fra en afholdt eksamen. Opgave nr. 12 lyder:

Hvor langt væk er horisonten? Begrund svaret.

Opgave nr. 13 lyder:

Hvordan afhænger den samlede beskatningsprocent af arbejdsmarkedsbidraget, indkomstskatteprocenten og størrelsen af momsen?

Løsninger og kommentar bringes i næste nummer af KVANT.

Coriolis og corioliskraften II

Niels Kristian Højerslev, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik, Københavns Universitet.

At forstå og beskæftige sig meningsfyldt med fysik stiller en række krav til udøveren, som både skal kunne læse, skrive og regne samt tænke selv. Tænkning skal ikke blive til vanetænkning, for så får man som bekendt aldrig nytænkning. Modtageren af den fysiske information skal til gengæld både kunne læse og regne samt ikke være bundet af egen vanetænkning. Der stilles med andre ord uhyre store krav til en frugtbar fysisk diskussion, så her finder man den såkaldt gode forklaring på, at den ordentlige fysiske diskussion er svær at få i gang endsige holde gående. Undertiden får man det klare indtryk, at det mere gælder om at holde den gående end at blive klogere. Elementer som indsigt, omhu og specielt rigeligt med tid er for alle deltageres vedkommende en mangelvare, og jeg vil påstå, at Jens Højgaard Jensen (JHJ) i KVANT nr. 4 (december 2002) ikke har taget sig den tilstrækkelige tid til at læse og forstå undertegnede artikel i KVANT nr. 2 (maj 2002) om Coriolis og corioliskraften, hvis forklaringen ikke ligefrem er, at JHJ ligger under for vanetænkning. Vi er flere, der har nået den alder, hvor det er vanskeligt at skelne mellem vanetænkning og faglig rutine.

JHJ og undertegnede er givetvis enige om det grundlæggende faktum, at man kommer langt omkring i fysikken ved at benytte vektoranalytiske metoder. Der findes en del paradokser i fysikken, som kun blev indset og forstået, fordi der var folk som regnede løs. Så der er med andre ord intet galt i at regne løs, og det er noget som JHJ og mange andre fysikere skal oplyse folk om. Vi behøver dog ikke af den grund at bortkaste vores egen fysiske intuition, selv om den har spillet mange gode mennesker og egentlige fagudøvere et puds. Det er stadig i orden at søge "fysikken i fysikken", fordi det er et forsøg på at forstå vores omverden og dagligdag, som vi trods alt er en levende del af. Undertiden er man kun en levende del, fordi man netop forstår de fysiske love i flere af tilværelsens indhold. Der kan også ligefrem gemme sig et personligt behov for at forstå hverdagens fysiske sider i en tid, hvor den ene "black box" indkapsles og omfattes af den anden for siden som en kinesisk æske at blive puttet ned i et "sort hul".

Efter denne indgangsbøn vil jeg gerne pege på den danske lærebog i Rationel Mekanik skrevet af J. Nielsen og udgivet på Jul. Gjellerups Forlag i 1933, fordi man her har at gøre med en god og pædagogisk forfatter, som JHJ også synes at kunne have haft et indgående kendskab til. Her finder man måske årsagen til, at Nielsens udledning af corioliskraften følges af JHJ helt ned i alle væsentlige detaljer i KVANT nr. 4 (december 2002). Nu er der intet forkert i at skrive af, hvis man oplyser herom. For ca. 20 år siden udgav jeg

med hjælp fra HCØ-tryk en "Øvelsesvejledning i Fysisk Oceanografi" på 186 sider, hvori der findes en helt tilsvarende udledning på side 96–99 helt magen til Nielsens og nu også JHJ i KVANT nr. 4 (december 2002). Nielsen nåede således for år tilbage korrekt frem til, at den absolutte acceleration i et initialsystem, a_a kan skrives som vektorsummen af den relative acceleration, a_r , centrifugalaccelerationen og den sammensatte acceleration i et roterende koordinatsystem, hvor de to systemers nulpunkter er sammenfaldende. Den sammensatte acceleration benævner Nielsen som coriolisaccelerationen. Caspard Gustave Coriolis (1792–1843) talte helt tilbage i 1835 om "des forces centrifuges composées", men i dag er det blevet sædvane at tale om coriolisaccelerationen og corioliskraften mens begreberne "sammensat acceleration" og "sammensatte centrifugalkræfter" synes at være helt droppet.

I KVANT nr. 2 (maj 2002) forsøgte undertegnede sig i første omgang med en meget simpel coriolismodel, der bestod af en plan roterende skive med konstant vinkelhastighed for at få et par pointer frem uden brug af vektoranalytiske metoder. Jeg så alene på tilfældet radiær kørsel med en masse på skinner i udadgående retning væk fra rotationsaksen. Når massen bevæger sig et lille stykke i løbet af et lille tidsrum, så sker der to ting:

- 1) Massen kommer til områder med større fart.
- 2) Skinnerne drejer sig i forhold til et initialsystem.

Begge hændelser giver anledning til at massen påvirkes af en acceleration, som for begges hændelsers vedkommende er lige store. Accelerationsbidraget for den første hændelses vedkommende blev kaldt for den relative acceleration, a_r , fordi massen flytter sig relativt i forhold til skinnerne. Det andet accelerationsbidrag blev tilsvarende benævnt medføringsaccelerationen, a_m , fordi skinnerne føres med rundt på grund af rotationen. Adderer man a_r og a_m fås den sammensatte acceleration som også kaldes coriolisaccelerationen, som det klart fremgår af undertegnede artikel. Og netop her er JHJ åbenbart ikke blot gjort forvirret men også mystificeret, fordi JHJ har en indgroet forestilling om, at a_m kun kan benyttes for det tilfælde, hvor man har et initialsystem og et referencesystem, hvis nulpunkter er accelereret i forhold til hinanden med accelerationen, a_m og hvor koordinatakserne ligger fast i forhold til hinanden. Se, det kalder jeg vanetænkning eller manglende evne til at læse en foreliggende enkel tekst som den i KVANT nr. 2 (maj 2002). En lille fysisk appetitvækker for måske nogle af KVANTs læsere tabte JHJ, Jens

Højgaard Jensen på gulvet, fordi han kun havde blik for sit eget og var fanget af vanetænkning.

Afslutningsvis har jeg i boksen nedenfor beskæftiget

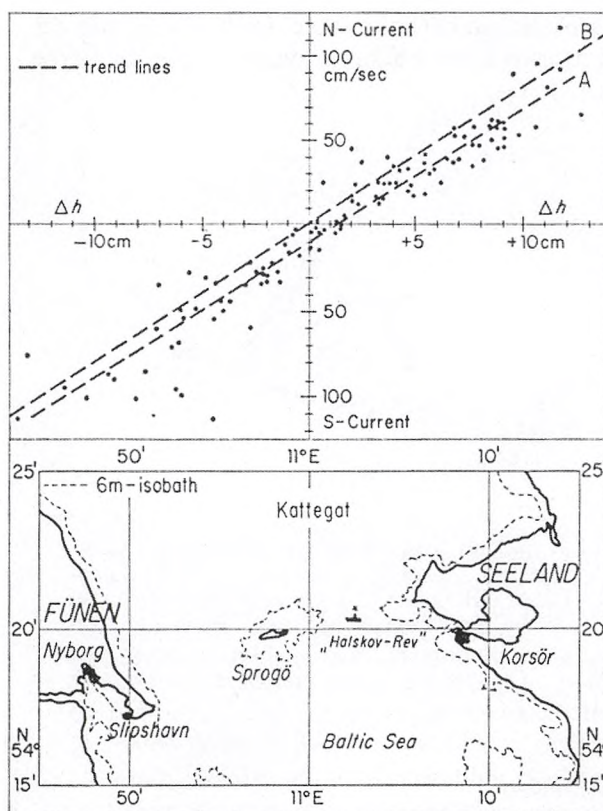
mig med JHJs breddeopgave nr. 9, for at eksemplificere hvorfor det er vanskeligt at lave "pædagogiske" opgaver og formuleringer.

Højerslev om det højgaardske regneeksempel

Undertiden kan man høre om beregninger, der er udført på bagsiden af en konvolut. Det signalerer, at der er lavet nogle overslagsberegninger, som danner et godt udgangspunkt for en videre faglig diskussion eller en mere omfattende beregning for så at sige at få de sidste decimaler og detaljer med. Lektor Jens Højgaard Jensen fra RUC har introduceret en fysisk pædagogik, der kombinerer konvolutberegningen med overvejelser, der baserer sig på en god forståelse af den grundlæggende fysik og almindelig sund fornuft. Jeg vil gerne complimentere min kollega med indsatsen, fordi den studerende både tvinges til at regne og ræsonnere. Der kan imidlertid efter min bedste opfattelse stilles det krav til den højgaardske regnemetode, at den skal være forholdsvis tæt på sandheden, hvor konvolutmetoden undertiden kun skal sigte mod at få klarhed over størrelsesordenen i et givet problem.

En typisk højgaardsk opgave er givet i breddeopgave nr. 9 (KVANT nr. 3, oktober 2002). Der er målt havstrøm fra Halsskov Rev Fyrskib og vandstand i Korsør og ved Slipshavn før Storebæltsbroen blev bygget. Figuren nedenfor og problemstillingen er beskrevet i undertegnede lærebog "Vandbevægelser i kystnære farvande, side 117. Det antages at lufttrykket i området er konstant samt at en vandpartikel kun er påvirket af tyngdekraften, opdriften, corioliskraften og trykgradientkraften som følge af at vandspejlet hælder. Den resulterende kraft på en vandpartikel antages nul.

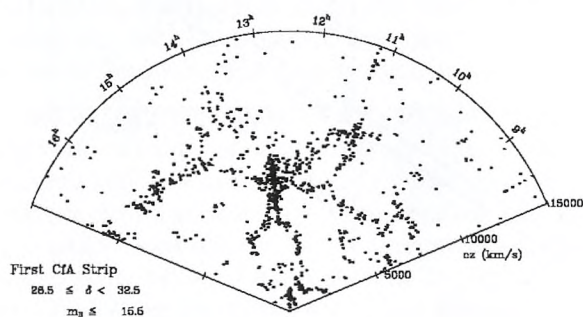
Trykgradientkraften kan beregnes ud fra vandspejlsforskellen målt ved Korsør og Slipshavn, vandstandmålerens geografiske afstand og tyngdeaccelerationen på stedet. Feltmålinger viser, at havstrømmen målt ved fyrskibet og vandspejlets hældning er lineært korreleret. Enkle fysiske beregninger viser en direkte lineær sammenhæng angivet i det højgaardske regneeksempel. Problemet er bare, at vandstrømmen mellem Fyn og Sprogø der danner indgangen til Langelands Sund i praksis er nul i modsætning til mellem Sprogø og Sjælland ved indgangen til Langelands Bælt. Derved bliver facit i det højgaardske regneeksempel omkring en faktor to forkert, og det overlades til læseren at afgøre hvorfor og hvordan bl.a. med brug af det geografiske kort til højre.



Universets storskala-strukturer

Michael Weidinger, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

Vores viden om universets storskala-strukturer har udviklet sig meget dramatisk de sidste 25 år, i takt med den teknologiske udvikling af teleskopernes instrumentering. I 1920'erne tog det indtil flere nætters observationer at måle en galakses spektroskopiske rødforskydning (se boks 1.) I 1950'erne var de fotografiske plader forbedret så meget, at det tog omkring fem timers eksponering. Man fandt så i 60'erne på elektronisk at forstærke lyset fra en galakse før det ramte den fotografiske plade, hvilket reducerede observationstiden til ~ 30 minutter. Fremkomsten af halvlederteknik gjorde det i 70'erne muligt helt at undgå de fotografiske plader til fordel for de mere effektive elektroniske detektorer, hvorved observationstiden blev yderligere reduceret. Denne udvikling af instrumenterne havde en kolossal betydning for vores viden om det ekstragalaktiske univers, fordi den gjorde det muligt at lave større og større undersøgelser af fjerne galakser.

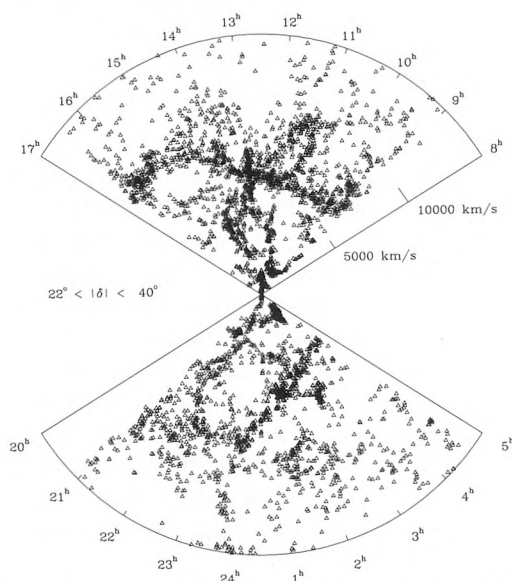


Figur 1. Kort over galakserne observeret i CfA1 undersøgelsen. Jorden er placeret i spidsen nederst. Langs cirkelbuen er rektascensionen afmærket og langs de lige kanter er rødforskydningen angivet i km s^{-1} . Dataene er for cirka 1100 galakser med $26.5^\circ \leq \delta \leq 32.5^\circ$ klarere end en størrelsesklasse på 16.6 [3].

I begyndelsen

I løbet af det 18. århundrede blev man klar over at mange af de mærkværdige "tåger", man så på himlen, kunne opløses i stjerner. Man mente at en sådan hob af stjerner måtte være dannet ved at én meget tung stjerne gravitationelt havde tiltrukket omkringliggende lette stjerner. I 1780'erne overvejede William Herschel spørgsmålet hvorvidt spiraltågerne var objekter i eller nær vores egen Mælkevej, eller om de selv var meget fjerne mælkeveje ("ø-universer"), som måske kunne være meget større end Mælkevejen [1]. Problemet stod uløst i mere end et århundrede, og i 1920

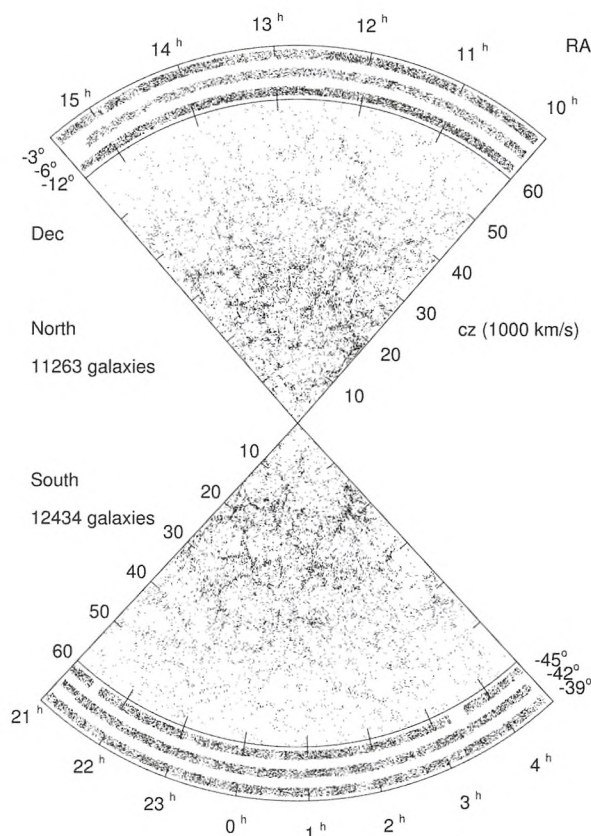
var det årsag til *Den Store Debat* mellem Shapley og Curtis, der diskuterede dette problem meget intenst. Løsningen kom i 1925, hvor Hubble bestemte afstanden til Andromeda-galaksen til 285 kpc (930 000 lysår), og dermed afgjorde at spiraltågerne ligger langt udenfor Mælkevejen. Der er etableret en glimrende hjemmeside om *Den Store Debat* [2].



Figur 2. Rødforskydning versus rektascension for galakser klarere end størrelsesklassen $B = 15.5$ og indenfor et 10° interval stammende fra det kombinerede CfA2-SSRS2 datasæt [4].

Barndommen for de mere systematiske undersøgelser af galaksernes (som tågerne nu blev kaldt) fordeling på himlen var i 1930'erne, hvor blandt andet Fritz Zwicky deltog. Han foreslog at man skulle betragte hobe af galakser, og ikke enkelte galakser, som byggestene i universet [1]. Kortlægningen af galaksernes placeringer fortsatte, og i 1953 fandt de Vaucouleurs tegn på at måske heller ikke galaksehobene var de største strukturer, men at hobene samlede sig i *superhobe* af galakser. Dette blev bekræftet i 1960, hvor Mayall havde identificeret et homogent sæt af klare galakser i Coma-hoben, og fundet rødforskydninger for 50 af dem. Ved at aftegne galaksernes rødforskydninger mod deres vinkelafstande til Coma-hobens centrum fastslog Mayall, at hoben faktisk var en del af en større struktur, der havde en udstrækning på mere end 8 Mpc. Det første *Reference Catalogue of Bright Galaxies* så dagens lys i 1964, og heri var der rødforskydninger for cirka 1000 galakser. Den næste udgave kom i 1976 og indeholdte rødforskydninger for godt 4000 galakser – et imponerende arbejde. Selvom katalogerne kun

fandt de nærmeste galakser gjorde de det klart, at det var helt almindeligt med enorme klumper af galakser med dimensioner op til ~ 7 Mpc, og man begyndte at undre sig over hvornår opdagelserne af stadigt større strukturer ville stoppe. Ville man nogensinde komme til *the End of Greatness*¹ – altså en skala, hvor universets strukturer ikke blev større – eller ville de største kendte strukturer blive ved med at vokse efterhånden som man blev i stand til at opdage dem, og dermed vise at strukturerne dannede et uendeligt fraktalt mønster?



afsøgte man et smalt, aflangt område til forholdsvis stor rødforskydning (som CfA1, figur 1) – en *slice*. Man begyndte også at blive interesseret i hvordan strukturerne ser ud ved meget store rødforskydninger. Det var grunden til de såkaldte *pencilbeam* undersøgelser, der som navnet antyder var ekstremt dybe observationer af et meget lille areal på himlen. Der kom selvfølgelig også kombinationer af de enkelte teknikker. Nogle undersøgelser havde som mål et antal *pencilbeams* på en lang række, så man effektivt observerede en lang, smal stribe af himlen. Andre observerede *pencilbeams* spredt ud på himlen ifølge en formentlig nøje gennemtænkt plan; nærmest som et skakmønster.

I begyndelsen af 1990'erne blev forskellige kataloger over kendte galakser benyttet til at udvælge de galakser, man ønskede at finde rødforskydninger for – det blev blandt andet til Stromlo-APM undersøgelsen med 1797 målte rødforskydninger. Denne og mange andre undersøgelser tegnede efterhånden et meget detaljeret billede af universet ud til en rødforskydning på $z = 0.5$. Billedet var et univers bestående af enorme mure og lange tråde (*filamenter*), der omslutter store gab.

Boks 1. Rødforskydning

Eftersom universet udvider sig bevæger alle galakser sig væk fra hinanden. Hubbles lov kan udtrykkes som at jo fjernere en galakse er, jo hurtigere bevæger den sig væk fra os.

På grund af den store fart bliver deres lys Doppler forskudt til større bølgelængder – lyset er altså blevet rødere. Man siger at lyset er blevet rødforskydnet. Rødforskydningen, z , defineres ved

$$1 + z = \frac{\lambda_{\text{observeret}}}{\lambda_{\text{teoretisk}}},$$

hvor $\lambda_{\text{observeret}}$ og $\lambda_{\text{teoretisk}}$ er henholdsvis lysets observerede og teoretiske bølgelængde.

Man finder den spektroskopiske rødforskydning ved at udmåle bølgelængderne af emissions- eller absorptionslinier i galaksens spektrum og sammenligne med bølgelængderne målt i et laboratorium.

Hvor er vi nu?

De seneste færdiggjorte store kortlægninger omfatter blandt andet CfA2, en udvidelse af CfA1, LCRS (Las Campanas Redshift Survey) og IRAS PSCz (Infrared Astronomical Satellite Point Source Catalog z -survey).

CfA2 kortlagde rødforskydninger for omkring 18 000 galakser klarere end størrelsesklassen $B = 15.5$ fordelt over 6 striber, der hver især er $6^\circ \times 130^\circ$, ud til $c \cdot z = 16\,000 \text{ km s}^{-1}$ (c er lysets hastighed, så $z = 0.05$) (se figur 2.) Med LCRS undersøgelsen fandt man rødforskydninger for godt 25 000 galakser i 6 striber,

der er $1.5^\circ \times 80^\circ$ ud til $cz = 60\,000 \text{ km s}^{-1}$ ($z = 0.2$) ([5], se figur 3.) Med IRAS PSCz undersøgelsen blev et enormt område svarende til 87% af hele himlen kortlagt i det infrarøde bølgelængdeområde. Et af de eksplicitte mål med undersøgelsen var at observere galakser, der set fra Jorden ligger bag ved Mælkevejen, og således ikke kan ses med optiske teleskoper. Der blev målt rødforskydninger for cirka 15 000 galakser ud til $cz \sim 30\,000 \text{ km s}^{-1}$ ($z \sim 0.1$).

I de kommende år vil i hvert fald to endnu større undersøgelser blive færdige. Der er efterhånden tale om en *rødforskydningsindustri*, hvor hver undersøgelse har deres eget teleskop dedikeret til opgaven. De undersøgelser, der er tale om, er:

- 2dFGRS (2 degree Field Galaxy Redshift Survey – opkaldt efter 2dF instrumentet, der har et $2^\circ \times 2^\circ$ felt) har som mål at observere spektre for 250 000 galakser fordelt på 5% af hele himlen. I 2001 kom 100k dataoffentliggørelsen, hvor der blev frigivet data for de første 100 000 galakser. Status i maj 2002 var godt 220 000 galakser ([6], se figur 4.)
- SDSS (Sloan Digital Sky Survey) er den kortlægning, der er størst forventninger til. Målsætningen er på fem år at observere 24% af hele himlen og finde rødforskydninger for en million galakser. I juni 2001 kom den første dataoffentliggørelse, der indeholdte 50 000 galakser fordelt på 1% af himlen (se figur 5.) En af grundene til at SDSS har så stor succes er, at man har udarbejdet en god metode til automatisk at skelne mellem en lang række forskellige objekter (asteroider, kvasarer, forskellige typer af galakser og stjerner, etc.)

Vores billede af universet ud til endda meget store afstande stykket sammen af utallige kortlægninger er nu konvergeret mod en fælles forståelse af universets udseende på stor skala. I det næste afsnit vil jeg præsentere dette samlede billede.

Det kosmiske spindelvæv

Den observationelle kosmologi har på 25 år gået fra at være nærmest ikke-eksisterende til et stort forskningsfelt i rivende udvikling. De seneste 10-15 års forskning har dannet et konsistent billede af universets strukturer på de største skalaer, som jeg har prøvet at gengive i figur 3-5. Undersøgelserne afdækker galakser helt ud til en rødforskydning på $z = 0.5$, hvor universet blot var 9 milliarder år gammelt (i forhold de nuværende godt 14 milliarder år.)

Man ser tydeligt i figur 3 hvordan der er store, nærmest cirkulære gab i galaksefordelingen med størrelser op til 100 Mpc. Omkring gabene er der mure og filamenter med størrelser op til 50 Mpc og med meget store galaksetætheder, så stoffet nærmest danner et stort, kosmisk spindelvæv (se også simuleringen

på figur 8.) Figur 4 og 5 viser hvordan fordelingen af galakser bliver mere og mere homogen, når man betragter større og større områder. Der er altså ikke større strukturer end de intergalaktiske gab, så vi er nået til *the End of Greatness*; vi har set de største strukturer der findes.

For at forstå dannelsen af disse enorme strukturer er man nødt til at ty til numeriske simuleringer af strukturdannelse i universet.

Boks 2. Nogle kosmologiske parametre

Tæthedsparameteren:

$$\Omega_m = \frac{8\pi\rho_0 G c^2}{3H_0^2},$$

hvor G er Newtons gravitations konstant, ρ_0 er universets nuværende massetæthed, c er lysets hastighed og H_0 er den nuværende Hubble parameter.

Den kosmologiske konstant:

$$\Omega_\Lambda = \frac{\Lambda c^2}{3H_0^2},$$

hvor Λ er den kosmologiske konstant, som Einstein først indførte for at sikre et statisk univers, men senere fortrød.

Universets geometri styres af tæthedsparametren og den kosmologiske konstant. Når $\Omega = \Omega_m + \Omega_\Lambda = 1$ er universet "fladt", hvilket i en to-dimensionel analog svarer til et plan. Arealet af et plan er uendeligt, så det vil volumen af universet også være i dette tilfælde. Hvis $\Omega < 1$ siger man at universet er "åbent"; her svarer geometrien til den to-dimensionelle overflade af en sadel. Også her er både arealet af sadlen og volumen af universet uendelige. Endelig når $\Omega > 1$ er universet "lukket"; man kan tænke på overfladen af en kugle. I dette tilfælde har universet et endeligt volumen, ligesom arealet af en kugleoverflade.

Den enhedsløse Hubble parameter:

$$h = \frac{H_0}{100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}}$$

h er altså blot H_0 målt i enheder af $100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

I denne artikel har jeg antaget de for tiden mest populære værdier $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$ og $h = 0.65$.

Simuleringer

De meget store observationer af galaksernes fordeling på mange skalaer har gjort det nødvendigt med et meget detaljeret indblik i teoriens forudsigelser. Teorien er den for en væske (en fluid) under påvirkning af sin egen tyngdekraft, som i princippet er velforstået. Desværre er der få analytiske løsninger til ligningerne, så derfor har man været nødt til at lave store numeriske simuleringer af strukturdannelsen i universet. Målet med simuleringerne er at vise hvordan strukturdannelsen i teorien vil se ud på de mange observerede skalaer.

Simuleringerne starter ud med et sæt begyndelsesbetingelser, som blandt andet består af en fordeling af tæthedsfluktuationer i en simuleringsboks, et valg af randbetingelser for boksen og et fastlagt sæt af kosmologiske parametre, der beskriver universets geometri (se boks 2.) Tæthedsfluktuationerne stammer helt tilbage fra små kvantefluktuationer i energien i det varme *Big Bang* (læs også [8].)

Normalt består tæthederne i et antal "partikler" placeret i boksen ifølge et regelmæssigt mønster, men forskubbet en smule for at opnå fluktuationerne. Disse partikler kan være "mørkt stof", "stjerne"- eller "gas"-partikler, der så repræsenterer en bestemt masse af det pågældende stof.² Man lader beregningen køre frem til en rødforskydning, hvor man er særligt interesseret i strukturerne fordeling.

Den hidtil største computersimulering, kaldet *Hubble Volume Simulation*, er udført af *Virgo konsortiet* (se deres hjemmeside [9]), og den består af 10^9 partikler af mørkt stof fordelt på 1024^3 gitterpunkter svarende til et volume på $3000^2 \times 30 h^{-3} \text{ Mpc}^3$. For at få en fornemmelse af simuleringens størrelse kan det nævnes at beregningen tog 70 timer på en Cray T3E parallel computer med 512 cpu'er. Beregningen blev udført en del gange med forskellige kosmologiske parametre (se figur 6.)

Virgo konsortiet har også gennemført en række mindre simuleringer, der så til gengæld har større detalje. Disse simuleringer (som kan ses opsummeret på figur 7) består hver især af 256^3 partikler fordelt i en kube med en sidelængde på $239.5 h^{-1} \text{ Mpc}$. Simuleringerne viser i stor detalje de enkelte strukturer og hvordan de forskellige modeller udvikler sig med rødforskydning (se boks 3 for en beskrivelse af de forskellige kosmologiske modeller.) Nogle simple iagttagelser ved disse modeller kan være at

- SCDM og τ CDM er langt mindre sammenklumpede end Λ CDM og OCDM.
- filamenter og gab er langt mere udtalte i Λ CDM og OCDM.
- strukturdannelsen i SCDM og τ CDM er kommet senere i gang end i Λ CDM og OCDM.

²Man inkorporerer ofte regler for at omdanne gas til stjerner og omvendt.

- I alle tilfælde går strukturerne fra at være små til at blive større. De mindre strukturer dannes altså før de større. Dette kaldes for hierarkiske strukturdannelse.

The Hubble Volume Simulation



MacFarland, Colberg, Yoshida, White (Munich)
Jenkins, Pearce, Frenk (Durham), Evrard (Michigan),
Couchman (London, CA), Thomas (Sussex),
Efsthathiou (Cambridge), Peacock (Edinburgh)
 Λ CDM model, $3000 \times 3000 \times 30$ (Mpc/h)³

Figur 6. Hubble Volume Simulation ved $z = 0$. Parametrene i denne simulering fremgår af figuren. Til sammenligning går Sloan Digital Sky Survey ud til $1500h^{-1}$ Mpc [9].

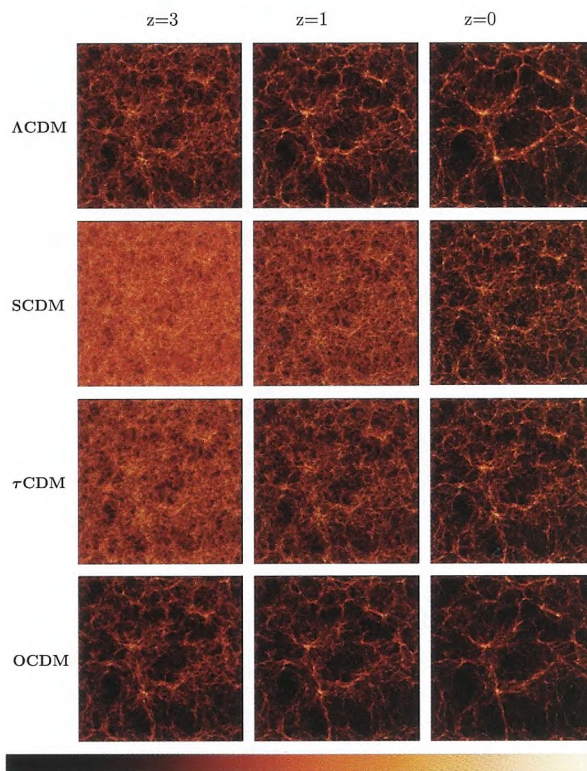
Det er illustrativt at betragte en simulering af mindre målestok, som viser mere detalje – en sådan er gengivet i figur 8. Fra observationerne genkender man straks de store karakteristiske gab med meget få galakser og de lange filamenter, der strækker sig mellem knudepunkter med meget store galaksetætheder. Idéen om det kosmiske spindelvæv er helt tydelig.

Før man giver sig i kast med at sammenligne simuleringer med observationer er der dog én vigtig ting at tage højde for: Simuleringerne viser hvordan *massen* fordeles sig, mens observationerne viser hvordan *lyset* (stjernerne) fordeles sig. Dette simple faktum er genstand for stor debat, for det er langt fra forstået hvordan man kan omregne fra masse til lysstyrke. Man indfører normalt den simple sammenhæng at fluktuationerne i antalstætheden af galakser er proportional med fluktuationer i massetætheden,

$$\frac{\delta n}{n} = b \frac{\delta \rho}{\rho},$$

hvor b er *bias*-parametren, n og ρ er den gennemsnitlige antals- og massetæthed, og δn og $\delta \rho$ er fluktuationerne

i de tilsvarende størrelser. Nogle antager at b er en universel konstant, mens andre opfatter b som en funktion af rødforskydning, galaksetype eller noget helt tredje. Når det kommer til stykket er det kun antagelser – der er endnu ikke noget solidt teoretisk grundlag. . .



The VIRGO Collaboration 1996

Figur 7. Rækkerne viser simuleringer med koldt mørkt stof (CDM) for forskellige kosmologiske parametre, kolonnerne viser den simulerede boks ved forskellige rødforskydninger. Λ CDM: $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$. $SCDM$: $\Omega_m = 1$, $\Omega_\Lambda = 0$. τ CDM: Neutrino henfald og $\Omega_m = 1$, $\Omega_\Lambda = 0$. $OCDM$: $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0$ [10].

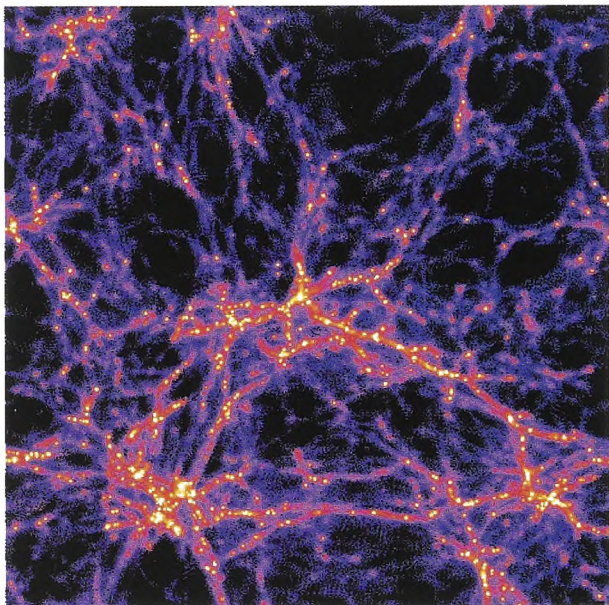
Hvis man antager en eller anden form for bias-parameter giver simuleringerne en mulighed for at sammenholde de observerede galaksefordelinger med forskellige modeller. Det viser sig, at de observerede galaksefordelinger bedst beskrives af Λ CDM modellen, og dermed at det mørke stof og den kosmologiske konstant *er* en del af vores univers. Det kan altså lade sig gøre med grundige analyser og sammenligninger af observationer og simuleringer af galaksefordelinger at bestemme de fundamentale kosmologiske parametre. Vi skal se på resultaterne af sådanne analyser i næste afsnit.

De kosmologiske parametre

Jeg har udvalgt nogle få af de vigtigste parametre, hvis resultater jeg vil præsentere.

Sammenligninger af fordelinger af galaksehobe med simuleringer gør det muligt at sætte grænser på de tilladte værdier for b og Ω_m , som vist i figur 9, hvor det antages at b er en konstant. Vi ser at der er stor

korrelation mellem de to parametre, hvilket skyldes at forholdet $\Omega_m^{0.6}/b$ er (næsten) konstant. Massetætheden af universet i enheder af den kritiske tæthed er altså ≈ 0.2 , hvilket er langt fra at gøre universet fladt, og biasparameteren er omkring 1. En biasparameter $b = 1$ betyder at fluktuationerne i det mørke stof og i galaksefordelingen følges nogenlunde ad, så det mørke stof primært befinder sig i galakserne.



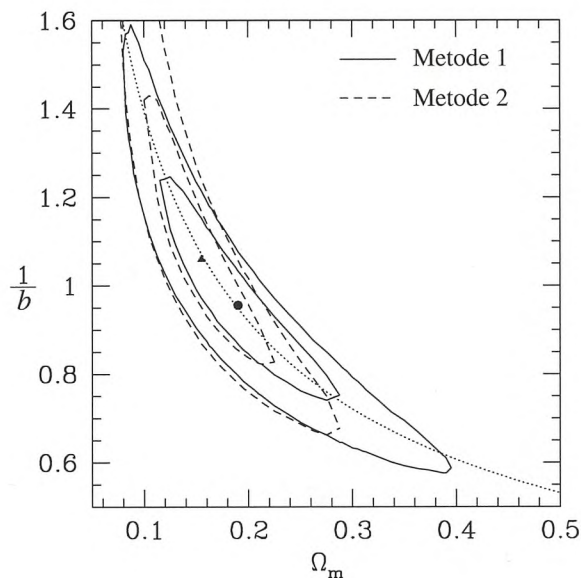
Figur 8. Simulering af universet ved $z = 3$, hvilket svarer til at universet blot er 2.3 milliarder år gammelt. Det skal ses i forhold til universets nuværende alder på 14.5 milliarder år. I denne simulering er volumen af kassen meget mindre end den i figur 6; volumen er $(12.5h^{-1} \text{ Mpc})^3$ [11].

Observationerne af den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling kan sammenlignes med numeriske modeller, og resultatet er overraskende (se figur 10.) For det første er det muligt at sætte forholdsvist snævre grænser for Ω_m og Ω_Λ , hvilket ikke var muligt for bare 15 år siden. For det andet bemærker vi at $\Omega_\Lambda = 0$ er udelukket med stor sandsynlighed, så det lader til at energien i universet er domineret af en kosmologisk konstant. Det ser endvidere ud til at summen af massetætheden og den kosmologiske konstant netop rammer 1, hvilket svarer til et fladt univers. Det er nogle astrofysikere meget glade for, fordi inflationsteorien forudsiger at universet er meget tæt på at være fladt. Endelig kan vi notere at Ω_m er meget større end tæthedsparameteren for almindeligt stof (primært protoner og neutroner), $\Omega_B = 0.049^{+0.023}_{-0.0075}$, hvilket indikerer at der nødvendigvis må eksistere noget mørkt stof, der ikke består af almindelige partikler!

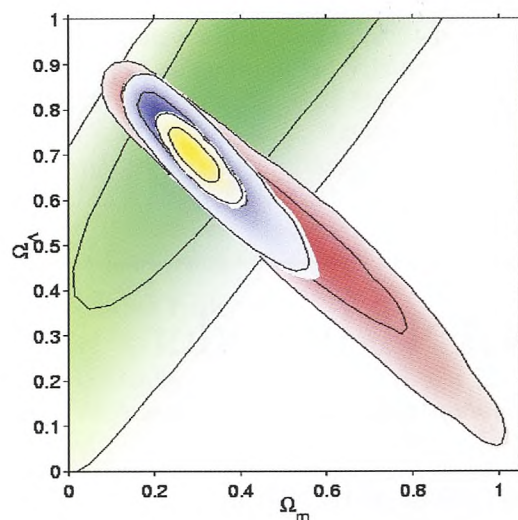
Det er først i de senere år at det har været muligt at bestemme de kosmologiske parametre med så stor nøjagtighed. Storskala-strukturerne har altså været med til at bringe os ind i en æra med præcisionskosmologi.

Storskala-strukturerne har vist sig at være meget

fascinerende på mere end én måde. Ikke nok med at galakserne danner mærkværdige mønstre med gab, mure og filamenter, der er ufatteligt store, så har disse mønstre vist sig at bære vidnesbyrde om at universet indholder endnu mere mærkværdige fænomener som den kosmologiske konstant og mørkt stof. Hvilke andre hemmeligheder mon disse strukturer kan bære på?



Figur 9. Bestemmelse af b og Ω_m ud fra ~ 300 galaksehobe i SDSS commissioning data. Figuren viser konturerne for en og to standardafvigelser resulterende fra to forskellige analysemetoder. Den stiplede linie viser det bedste fit til relationen $\Omega_m^{0.6} = \text{konstant} \cdot b$, hvor konstanten er bestemt til 0.33 ± 0.03 . Den sorte cirkel og trekant viser det optimale fit for henholdsvis metode 1 og 2. [12].



Figur 10. Fejlkonturer (1 og 2 standardafvigelser) for Ω_m og Ω_Λ bestemt ud fra forskellige målinger: Supernovæer (grøn), den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling (rød), den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling og Hubble rumteleskopets Key Project (blå), hvis formål det er at bestemme Hubble konstanten, og alle de foregående (gul) [13].

Boks 3. Mørkt stof og kosmologiske modeller

De mest lovende modeller for strukturdannelse indeholder en eller anden form for koldt, mørkt stof; Cold Dark Matter – CDM. Med "koldt" mener man at det mørke stof meget tidligt i universets udvikling kommer ned på at bevæge sig med hastigheder meget mindre end lysets.

Det mørke stof er en stor gåde for astronomerne. Det kaldes "mørkt", fordi det består af partikler, der ikke kan vekselvirke ved hjælp af den elektromagnetiske kraft og udsende fotoner. Så det mørke stof er altså ikke mørkt fordi det er en kold gas, som ikke lyser, men fordi det simpelt hen ikke kan lyse. Det er i sig selv ikke bekymrende, for man kender mange eksempler på partikler, som ikke vekselvirker elektromagnetisk (for eksempel neutrinoer.) Problemet er at observationer af blandt andet storskala-strukturer peger på at omkring 90% af al massen i universet skal bestå af mørkt stof. Det har man svært ved at få til at passe med kendte partikler.

Λ CDM: Denne model har en kosmologisk konstant, der er forskellig fra nul (derfor Λ), samt koldt, mørkt stof. Modellen har $\Omega_m = 0.3$ og $\Omega_\Lambda = 0.7$.

SCDM: Standard Cold Dark Matter. Igen koldt, mørkt stof, blot er nu $\Omega_m = 1$ og $\Omega_\Lambda = 0$. For 10 år siden betragtede man denne model som den mest lovende.

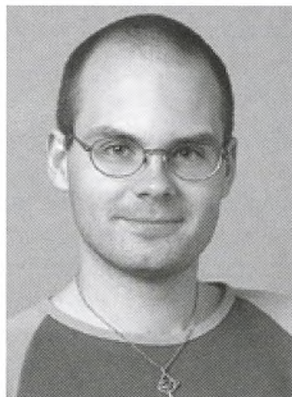
τ CDM: Her består det kolde, mørke stof af neutrinoer, som kan henfalde. $\Omega_m = 1$ og $\Omega_\Lambda = 0$.

OCDM: Open Cold Dark Matter. Dette er en model af et åbent univers med koldt, mørkt stof. $\Omega_m = 0.3$ og $\Omega_\Lambda = 0$.

Referencer:

- [1] O. Pedersen og H. Kragh (2000) *Fra KAOS til KOSMOS*. Gyldendal, 2000.

- [2] URL: http://antwarp.gsfc.nasa.gov/diamond_jubilee/debate20.html
- [3] J. Huchra, M. Davis, D. Latham og J. Tonry (1983) A survey of galaxy redshifts. IV - The data. *Astrophysical Journal Supplement Series*, **52**, 89.
- [4] L. N. da Costa (1998) Galaxy redshift surveys: 20 years later. In *MPA/ESO Conference "Evolution of Large Scale Structure"*, Garching.
- [5] S. A. Shectman, S. D. Landy, A. Oemler, D. L. Tucker, H. Lin m.fl. (1996) The Las Campanas Redshift Survey. *Astrophysical Journal*, **470**, 172.
- [6] M. M. Colless (2002) URL: <http://msowwww.anu.edu.au/2dFGRS/>
- [7] C. Stoughton, R. H. Lupton, M. Bernardi, M. R. Blanton, S. Burles m.fl. (2002) Sloan Digital Sky Survey: Early Data Release. *Astronomical Journal*, **123**, 485.
- [8] J. P. U. Fynbo og P. Møller (2000) Galakser i det tidlige univers i: Lyman-kanten. *Kvant*, **4**, 22.
- [9] A. Jenkins (2002) URL: <http://star-www.dur.ac.uk/~frazerp/virgo/virgo.html>
- [10] A. Jenkins, C. S. Frenk, F. R. Pearce, P. A. Thomas, J. M. Colberg m.fl. (1998) Evolution of Structure in Cold Dark Matter Universes. *Astrophysical Journal*, **499**, 20.
- [11] T. Theuns, privat kommunikation.
- [12] N. A. Bahcall, F. Dong, P. Bode, R. Kim, J. Annis m.fl. (2002) The Cluster Mass Function from Early SDSS Data: Cosmological Implications. *Astrophysical Journal*, **585**. under trykning, astro-ph/0205490.
- [13] A. Lewis og S. Bridle (2002) Cosmological parameters from CMB and other data: a Monte-Carlo approach. under trykning, astro-ph/0205436.



Michael Weidinger er Ph.D.-studerende i astronomi ved Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.

KVANT-nyheder

Redigeret af Michael Cramer Andersen

Exoplanet-jagt på La Silla

PLANETFYSIK. Et nyt instrument, "HARPS-spektrografen", til måling af stjerners radialhastigheder er netop blevet monteret på ESOs 3,6 m teleskop på La Silla i Chile. Små periodiske ændringer i en stjernes radialhastighed (hastighed i synsretningen) har i de senere år ført til detektion af knap 100 planeter uden-

for Solsystemet, de såkaldte exoplaneter eller planeter der kredser omkring andre stjerner. Når en (stor) planet kredser (tæt) omkring en anden stjerne vil stjernens slingre lidt og det kan aflæses i stjernens radialhastighed. Alle hidtil fundne planeter regnes for at være store gasgiganter idet de har masser fra ca. 1/8 til 17 gange Jupiters masse hvor Jorden kun vejer 1/318 af Jupiter.

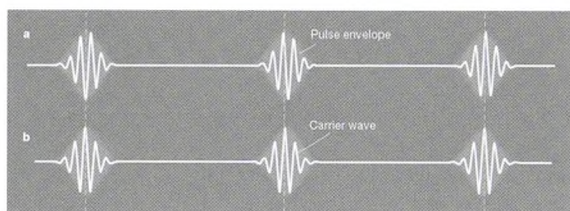
Følsomheden af det nye instrument som netop har haft "first light" er så stor, at det i princippet er muligt at finde planeter så små som Jorden hvis de ikke er for

langt fra deres værtsstjerne.

Kilder: ESO Messenger no. 110, december 2002, www.eso.org/gen-fac/pubs/messenger (i samme nummer findes artiklen "Extra-Solar Planets" p. 32-38); Oversigt over opdagede exoplaneter: www.exoplanets.org

Fra femtokemi til attofysik

LASERFYSIK. Med femtosekund lasere kan man studere kemiske reaktioner med meget høj tidsopløsning (et femtosekund er 10^{-15} sek. eller en milliardedel millisekund). Teknikken minder om stroboskoplys der bl.a. kan bruges til at fastholde periodiske bevægelser (f.eks. dryppende vanddråber) som er for hurtige for øjet. Femtosekund laserpulser bruges til at fastfryse molekylers vibrations- og rotationsbevægelser. En gruppe forskere ved Wiens Tekniske Universitet og Max Planck Institut for Kvanteeptik (MPQ) har nu udviklet en teknik til at opløse endnu kortere tidsrum og afstande. De har produceret en række 2,5 femtosekund pulser bestående af nogle få svingninger af et bære lyssignal og alle pulserne var identiske. Fasen imellem de kortvarige laserpulser kunne bestemmes med en tidsopløsning på 100 attosekunder (1 attosekund er 10^{-18} sekund).



Figur 1. Formen af en typisk ultrahurtig laser er ikke i fase (a). Hvis laser frekvens stabiliseres opstår pulser med identiske faser. Nature 2003

Når den intense (100 GW) laserpuls på få svingninger sættes til at ramme et atom bliver en elektron revet løs og reabsorberes ligeså hurtigt under udsendelse af en skarp røntgenfoton med en varighed der er endnu kortere end laserpulsens der exciterede udsendelsen: røntgenpulsens varer ca. 500 attosekunder. Fordi bølgeformen af laserpulserne kan kontrolleres kan elektronbevægelserne og røntgenemissionen også kontrolleres med subfemtosekund præcision og et nyt felt - attofysik - åbner sig hvor atomare processer kan studeres på de korteste tidsintervaller hidtil.

Kilder: AIP Physics News 625, 19. februar 2003; "Attophysics: Ultrafast control", Philip H. Bucksbaum, Nature 421, p. 593-594, 6. februar 2003; "Attosecond control of electronic processes by intense light fields", A. Baltuska et al., Nature 421, p. 611-615, 6. februar 2003.

Fotonens masse mindre end 10^{-51} gram

PARTIKELFYSIK. Hvis fotonen havde en masse ville det skabe problemer for speciel relativitetsteori,

Maxwells ligninger og Coulombs afstandskvadratlov for elektrisk tiltrækning. De fleste fysikere forventer at fotonens masse er nul men det skal cheskes eksperimentelt. I et eksperiment hvor lys blev rettet mod en følsom torsionsbalance ville den roterende balance opleve et ekstra kraftmoment hvis fotonen havde masse. Dette eksperiment er en 20 gange forbedring i præcision i forhold til tidligere bestemmelser af fotonens masse. Eksperimentet blev udført af Jun Luo og hans kolleger ved Huazhong University of Science and Technology i Kina. De har også målt gravitationskonstanten G og søger i øjeblikket efter eventuelle afvigelser fra Newtons afstandskvadratlov på submillimeter afstande (det ville i givet fald kunne forklares ved eksistensen af ekstra dimensioner). De studerer desuden Casimir kraften, en kvanteeffekt hvor to parallelle metalplader nær hinanden bliver trukket mod hinanden.

Kilder: AIP Physics News 625, 19. februar 2003; "New Experimental Limit on the Photon Rest Mass with a Rotating Torsion Balance", Phys. Rev. Lett. 90, 28 februar 2003.

Riemann hypotesen måske bevist

MATEMATIK. Et af matematikkens største uløste problemer har nu muligvis fundet sin løsning: Riemann hypotesen opstillet af G.F.B. Riemann (1826-1866) for 144 år siden. Hvis beviset anerkendes af matematiksamfundet kan de to forfattere til artiklen, fysikerne Carlos Castro og Jorge Mahecha, udover æren også glæde sig til at modtage den pris på 1 mio. dollars som "Clay Mathematics Institute" i 2000 udlovede til dem der kunne løse syv "Millenium Prize Problems". Problemet går ud på at bevise at fordelingen af primtalene kan relateres til Riemanns zeta-funktion. Primtalenes fordeling følger ikke noget regulært mønster og er derfor svære at finde. Riemann fremsatte den hypotese, at alle interessante løsninger til hans ligning, $Z(s) = 0$, ligger på en ret linje. Selvom hypotesen er blevet checket og stemmer med de første 1.500.000.000 løsninger er det først bevist nu. Beviset vil kunne kaste mere lys over den mystiske fordeling af primtal.

Kilder: xxx.lanl.gov/hep-th/0208221/; Clay Mathematics Institute, www.claymath.org; Svenska Dagbladet 23. februar 2003, www.svd.se/dynamiskt/Vetenskap/did.4943112.asp

Ørsted satellitten fylder 4 år

RUMFYSIK. Som markering af Ørsted satellittens fjerde år i kredsløb om Jorden (23. februar 2003) har Danmarks Meteorologiske Institut lavet miniudstillingen "Fra H.C. Ørsted til Ørsted satellitten". Udstillingen der bl.a. handler om Jordens magnetfelt og historiske målinger af nordlyset kan ses på Tycho Brahe Planetarium i København frem til og med påske 2003.

Kilde: TBP Nyheder 24. februar, www.tycho.dk/nyheder/

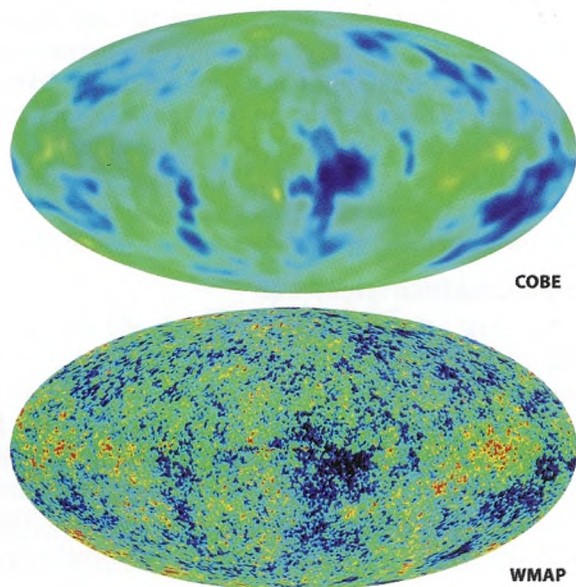
KVANT-nyheder på nettet: www.nbi.dk/dfs/ny/

KVANT-nyheder

Redigeret af Michael Cramer Andersen

Mikrobølgebaggrundsstrålingen målt med højere præcision - Universets alder bestemt til 13,7 mia. år

KOSMOLOGI. Den baggrund af mikrobølgestråling som stammer fra det tidlige varme univers og som kommer til Jorden fra alle retninger med samme temperatur er nu blevet målt med meget høj præcision af NASAs WMAP satellit (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Tidligere målinger foretaget med COBE-satellitten (1989-1996) demonstrerede, at temperaturen var ca. 2,725 K (eller ca. -270°C) og temperaturvariationerne lå på $\pm 30 \mu\text{K}$. I de forløbne år er dele af himlen blevet målt med balloneksperimenter og Universets geometri er blevet bestemt til at være meget tæt på "flad" ($\Omega=1$) samt at inflationsteorien er nødvendig for at forklare målingerne. De nye målinger fra WMAP, offentliggjort februar 2003, dækker hele himlen og instrumenterne har en vinkelopløsning på bare 0,2 grader, mod COBEs 7 grader, altså 40 gange skarpere! WMAP som kredser rundt om Jorden og Månens lagrangepunkt L2, der befinder sig 1,5 mio. km fra Jorden i modsat retning af Solen, kan desuden måle fotonernes polarisation hvilket giver flere informationer om det tidlige univers.



Figur 1. Sammenligning mellem COBE målingerne og de nye WMAP-målinger med 40 gange bedre vinkelopløsning. NASA/WMAP Science Team 2003, map.gsfc.nasa.gov

Med denne forbedring i præcision kan WMAPs kort over himlen bruges til at bestemme en række kosmologiske parametre meget præcist. Et par af de resultater som er kommet ud af analysen er Hubble-konstanten: $H_0=71 \text{ km/s/Mpc}$; tiden for rekombinationen (hvor atomer blev dannet og mikrobølgebaggrundsstrålingen blev udsendt): 380.000 år; tiden for de første stjerner i universet: 200 mio. år efter big bang hvilket er overraskende tidligt; Universets alder: 13,7 mia. år (med kun 1% usikkerhed); sammensætningen af stof og energi i Universet: 4% atomer, 23% koldt mørkt stof og 73% mørk energi. Allerede i 1998 viste målinger af lysstyrken af supernovaer på store afstande at Universet muligvis bliver accelereret i sin udvidelse som følge af en kosmologisk konstant (frastødende vakuum energi) der udgør omkring 70% af den samlede energitæthed i Universet. Dette understøttes af WMAPs målinger som desuden giver yderligere støtte til inflationsteorien med målingerne af fotonernes polarisation. Se også artiklen på side 3 inde i bladet.

Kilder: WMAP's hjemmeside, map.gsfc.nasa.gov; AIP Physics News 624, 13. februar 2003

Grønt lys for ALMA

ASTRONOMI. Det Europæiske Syd Observatorium (ESO) og det amerikanske National Science Foundation (NSF) er gået sammen om at bygge ALMA - verdens største og kraftigste radioteleskop som skal virke i millimeter og submillimeter området (se sidste nummer af KVANT-nyheder). Byggeriet vil koste 650 mio. euro eller knap 5 mia. kr. Den første videnskabelige udnyttelse vil begynde 2007 og anlægget vil stå færdigt i 2011.



Figur 2. Tegning af hvordan ALMA kommer til at se ud.

Kilde: ESO pressemeddelelse den 25. februar 2003, www.eso.org/outreach/press-rel/