

Referat fra medlemsmøte i TAF 1. oktober 2012

Generelt

Møtet ble holdt i Auditorium R5 i Realfagbygget på NTNU, Gløshaugen. Det var 56 personer til stede. Birger Andresen var møteleder. Jørn Dahl-Stamnes var ”kjøkkensjef”.

De faste punktene ble droppet denne gang fordi vi ville ha mest mulig tid til foredragsholder professor Øyvind Grøn som hadde fly fra Værnes kl. 20⁴⁰.

Meddelelser

- Birger informerte kort om TAF-turen til Sverige helgen 12-14 oktober. Frist for påmelding er kl. 1300 onsdag den 3. oktober til Erlend Rønnekleiv på erlend.ronnekleiv@eromn.net eller SMS til 900 15 407.

Annet

- Det ble solgt 1 stk TAF T-skjorte (large).

Foredrag – Universets tidlige utvikling (av professor Øyvind Grøn, Høgskolen i Oslo, Universitetet i Oslo og Norsk Astronomisk Selskap).

Om foredragsholderen

Øyvind Grøn er professor i fysikk ved avdeling for ingeniørutdanning ved Høgskolen i Oslo. Han har brukt mye tid og ressurser på å formidle sin kunnskap om verdensrommet i popularisert form. Hvert år siden 1997 har han gitt ut sine "Nyhetsbrev om stjerner og Universet" der han samler opp de største nyhetene fra det siste året. Han holder også populære astroforedrag ved ingeniørutdanningen, i tillegg til at han foreleser ved Universitetet i Oslo. Han publiserer artikler i alt fra seriøse forskningstidsskrifter til populærvitenskapelige blader. Han er fast skribent i Norsk Astronomisk Selskap sitt tidsskrift "Astronomi" og i tidsskriftet "Fra Fysikkens Verden". Han er gjesteskribent i Corona nr. 3/2011. Professor Grøn holdt i oktober 2005 et fengende foredrag for TAF om "Vårt verdensbilde ved tusenårsskiftet", og gjentok suksessen i oktober 2006 med foredraget "Universets ekspansjon". Han holdt en nytt foredrag for oss om "Astronomi og klima" i september 2008, et om "Ekstrasolare planeter" i oktober 2009, et om "Universets ekspansjon og mørke energi" i oktober 2010 samt et med tittelen "Einsteins relativitetsteori - en populær innføring i den generelle relativitetsteorien" i august 2011.

Sammendrag (fra møtekalenderen)

Foredraget tar for seg hendelser og prosesser i det første kvarteret, og særlig det første sekundet, av universets historie. Forhold helt fram til 400 000 år etter Big Bang vil også bli omtalt. Først omtales inflasjonsfasen som er dominert av vakuumenergi som lager frastøtende gravitasjon. Jeg prøver å forklare litt om vakuumenergi og frastøtende gravitasjon. Så går vi raskt gjennom de fundamentale kreftene i universet og ser på tidlige faser der ulike typer krefter og energi og materie hadde forskjellige roller. Vi kommer også til å bruke litt tid på den kosmiske bakgrunnsstrålingen og hva den kan fortelle oss om universet. Som vanlig serveres det kaffe og kaker etter foredraget.

Hovedpunkter

- Man vet ikke hvordan universet var før Big Bang (http://no.wikipedia.org/wiki/Big_Bang) eller i de første minuttene etter det. En mulighet er at universet før Big Bang var i en

fluktuerende, kvantisert tilstand med plancktiden ($5,4 \cdot 10^{-44}$ s) og plancklengden ($1,6 \cdot 10^{-35}$ m) som kvanter for tid og lengde. Notasjon: $10^{-3} = 0,001$ mens $10^{-5} = 0,00001$ osv.

- Professor Grøn og Simen Bræck er i gang med å utvikle en elvemodell for rommet. Her er rommet definert som samtidige hendelser i en strøm av referansepartikler som faller fritt. Rommet "renner" utover i noe som kalles "Hubble flow". Motsatt "renner" rommet innover mot massive legemer, som for eksempel jorda. Ved overflaten er hastigheten lik unnsliplingshastigheten (som er 11,2 km/s for jorda og lyshastigheten for overflaten av et sort hull).
- Professor Grøn fortsatte med å vise at den fysiske tolkningen av plancklengden er bølgelengden til et foton (en elektromagnetisk "pakke" hvor lys og radiobølger er to av mange varianter) som har så stor energi og så liten utstrekning at det danner et svart hull.
- På bakgrunn av dette er en mulig beskrivelse av tidrommets kvantetilstand rett før Big Bang at det var tett i tett med fluktuerende svarte hull som alle bestod av et foton med bølgelengde lik plancklengden. Hvert av fotonene hadde en masse lik planckmassen. Den gjennomsnittlige tettheten var lik plancktettheten ($= 5,1 \cdot 10^{96}$ kg/m³) og temperaturen var Hawking-temperaturen ($= 5,6 \cdot 10^{30}$ Kelvin). Notasjon: $10^3 = 1000$ mens $10^5 = 100\ 000$ osv., hvilket betyr at $5 \cdot 10^{96}$ er altså et fem-tall med 96 nuller bak.
- Ved **plancktiden** var rommet i så fall et boblende kaos av fluktuerende foton-svarte hull der både krumningen og topologien fluktuerte vilt. Kanskje oppstod vårt univers ved dette tidspunktet som en kvantefluktuasjon dominert av vakuumenergi? Beregninger tyder på at denne vakuumdominerte perioden varte i 10^{-33} sekunder. Vi kaller den **inflasjonsepoken**. Les mer om vakuumenergi for eksempel på <http://snl.no/vakuumergi> og inflasjonskosmologi f.eks. på <http://snl.no/inflasjonskosmologi>
- Ingen vet hva vakuumenergien er for noe. Trolig er et av bidragene at partikkel-antipartikkelpar (for eksempel elektron og positron par) oppstår og forsvinner i form av kvantemekaniske fluktuasjoner. Man har ved den såkalte Casimir effekten vist at vakuum har energi. Anti-partikler er helt identisk med en vanlig partikkel bortsett fra et dens elektriske ladning er motsatt. Et positron, som er anti-partikkelen til elektronet, er altså et elektron med positiv ladning. Mer om anti-materie for eksempel på <http://snl.no/antimaterie>
- Professor Grøn fortalte at dersom man ikke kan måle fart i forhold til vakuumenergi (dvs. at vakuumenergien er såkalt Lorentz-invariant), så følger det av relativitetsteorien at vakuumenergien har et negativt trykk, hvilket gir en frastøtende gravitasjon. Dette fører til at inflasjonsepoken vil gi universet en akselerert ekspansjon.
- En av de merkelige egenskapene ved Lorentz-Invariant Vakuum Energi (LIVE) er at den har en konstant tetthet under universets ekspansjon. Følgelig fikk universet en enorm økning av vakuumenergi under inflasjonsfasen. Ved å anvende termodynamikkens første lov finner man at denne energien ble hentet i enorme mengder fra uendelig fjerne områder utenfor den observerbare delen av universet.
- Ved slutten av inflasjonsperioden gikk vakuumenergien over til stråling og elementærpartikler som kvarker, elektroner og nøytrinoer. Da startet den såkalte **elektrosvake epoken** som varte frem til 10^{-12} ($= 0,000\ 000\ 000\ 001$) sekunder etter Big Bang.
- I den elektrosvake perioden var det ingen forskjell på den elektromagnetiske kraften og den svake kjernekraften. Intens stråling fylte universet og skapte alle slags partikkel-antipartikkel par som raskt gikk over til stråling igjen.
- Denne epoken ble etterfulgt av **kvark-epoken** som varte til 10^{-5} sekund ($0,00001$) etter Big Bang. Da eksisterte frie kvarker. Kvarker er byggesteinene til materie. Se for eksempel <http://snl.no/kvark>. Det ser ut til at det av en eller annen grunn ble dannet ørlite mer materie

enn anti-materie (en partikkel ekstra pr. ti millioner par av materie og anti-materie) i denne epoken. Dette hindret at all materie og anti-materie ble omdannet til stråling.

- Kvarkepoken ble avsluttet med at kvarkene slo seg sammen og dannet protoner og nøytroner. Protoner er det samme som hydrogenkjerner (hydrogenatomer uten elektron).
- Kvarkepoken ble etterfulgt av **lepton-epoken** som varte til ca. 10 sekunder etter Big Bang. Leptoner er partikler som ikke merker den sterke kjernekraften. Elektroner, positroner og nøytroner/anti-nøytroner er eksempler på leptoner. I denne epoken dominerte elektroner, positroner, nøytroner, anti-nøytroner og fotoner. Det var også protoner og nøytroner tilstede, men i mindre antall enn leptonene. Se for eksempel <http://no.wikipedia.org/wiki/Lepton>
- Ca. 0,1 sekund etter Big Bang ble universet gjennomsiktig for nøytrinoene som vekselvirker veldig svakt med andre partikler. Disse kunne da bevege seg fritt mens alle andre partikler og elektromagnetisk stråling stadig vekk kolliderte og derfor ikke kunne bevege seg fritt.
- Ca. 3 sekunder etter Big Bang var temperaturen sunket til ca. en milliard grader. Da kunne ikke lenger elektron-positron par dannes fra stråling, mens den motsatte prosessen fortsatte. Mesteparten av positronene og elektronene forsvant derfor og ble til stråling ved såkalt anihilering (tilintetgjørelse). Mesteparten av den kosmiske bakgrunnstrålingen ble produsert i denne prosessen.
- I perioden 100 - 1000 sekunder etter Big Bang var temperaturen blitt så lav at protonene kunne fange inn nøytroner uten at disse ble slått løs igjen. Det ble da dannet atomkjerner som deuterium (en hydrogen-variant), helium (to protoner og to nøytroner) og små mengder litium (tre protoner og fire nøytroner). Vi kaller dette **den kosmiske nukleosyntesen** (kjernepartikkel-syntesen). Da universet var et kvarter gammelt bestod materien av ca. 75% hydrogen-kjerner (et fritt proton), 24% helium og små mengder litium. I tillegg var det nøytrinoer og fotoner.
- Omtrent 380 000 år etter Big Bang var temperaturen sunket til ca. 3000 Kelvin. Da var det så kjølig at atomkjernene (nukleonene) kunne fange inn og holde på elektroner. Da ble nøytrale atomer dannet og universet ble samtidig gjennomsiktig for fotoner som derfor endelig kunne bevege seg fritt. Det er denne strålingen vi nå observerer som den **kosmiske bakgrunnstrålingen**. Se f.eks. http://no.wikipedia.org/wiki/Kosmisk_bakgrunnstråling
- Professor Grøn fortalte at man i de seneste årene har fått instrumenter om bord på romsonder (COBE og WMAP) som har kartlagt ørsmå temperaturskjeller i ulike retninger i universet. Ut fra disse målingene har man kunne forkaste en rekke kosmologiske modeller og står igjen med en ganske god forståelse av hvordan universet har utviklet seg. Snart får vi resultater fra enda nøyaktigere målinger fra Planck satellitten som vil gi svar på enda flere av gåtene rundt universets opprinnelse og utvikling.
- Ved å måle avstanden mellom temperaturtopper og temperaturminimum i bakgrunnstrålingen har man funnet at universet er såkalt flatt, eller i hvert fall tilnærmet flatt. Dette betyr at universets totale masse er akkurat så stor at det 3-dimensjonale rommet har euklidisk geometri (se for eksempel http://no.wikipedia.org/wiki/Ikke-euklidisk_geometri) slik at parallelle rette linjer alltid vil forbli parallelle. Det har som konsekvens at universet har uendelig utstrekning.
- Man har også funnet at kun 5% av universet består av vanlig materie slik vi er vant til fra atomer, partikler og stråling. Av dette er 4% fritt hydrogen og helium, mens ca. 0,5% er samlet i stjerner og ca. 0,5% er nøytrinoer. Resten er mørk energi (70%) og mørk materie (25%). Den mørke energien vet vi så å si ingenting om, mens vi vet ganske så lite også om den mørke materien. Vi lever altså i et univers som vi kan observere kun ca. 5% av innholdet til.

En pdf-versjon av foredraget med finnes på

<http://www.taf-astro.no/aktivitet/moter/referat/2012/fd12okt.pdf>

Det var ivrig diskusjon under og etter foredraget.

Etter foredraget var det som vanlig sosialt samvær med mat og drikke.

Birger Andresen, Referent

10. oktober 2012.