

Den kosmiske baggrundsstråling

Georg Gamov

Den russiske atomfysiker Georg Gamov (1904-1968) fremhævede i en artikel i 1948, at hvis Universet var opstået som en "gigantisk eksplosion", så måtte der findes en baggrundsstråling, et slags ekko af Universets skabelse. Gamov havde undersøgt forekomsten af grundstoffer i Universet, og han fandt det nødvendigt at antage, at det tidlige Univers var domineret af fotoner, som skulle kunne observeres i dag. Fotonerne ville dog være så kraftigt rødforskudte, at de nu skulle optræde som mikrobølger. I 1948 var det desværre ikke muligt at detektere denne svage stråling fra rummet. Endvidere var der ingen, der dengang tog Gamovs artikel så alvorligt, at de ville bruge tid og penge på at konstruere et apparat til påvisning af baggrundsstrålingen.

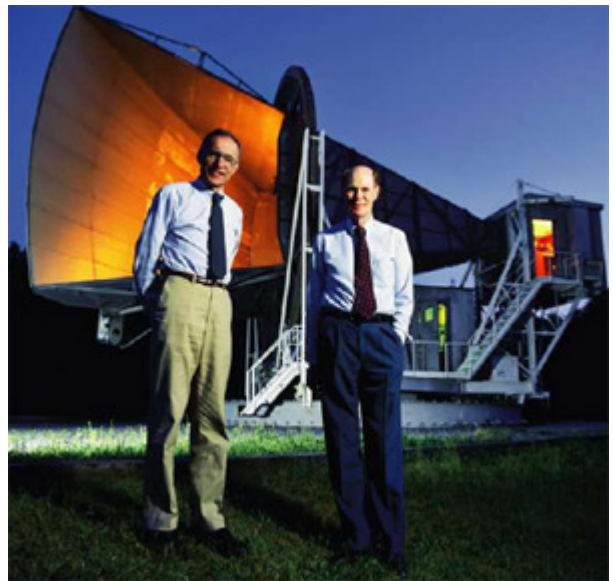
Arno Penzias og Robert Wilson

I 1965 blev det fastslået, at der rent faktisk er en baggrundsstråling, og man fandt, at den svarer til en temperatur på omkring 2,7 K, hvilket er i god overensstemmelse med Gamovs beregninger.

Den såkaldte kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling blev første gang opdaget i 1965 af de to amerikanske radioastronomer Arno Penzias og Robert Wilson. Penzias og Wilson var begyndt at bruge en stor antenne i New Jersey som radioteleskop, fordi de var interesserede i at observere mikrobølgestråling fra Mælkevejen. Det blev dog snart en anden slags mikrobølgestråling, der for alvor fangede deres interesse.

Observationerne med radioteleskopet blev nemlig hele tiden forstyrret af en irriterende knitrende baggrundsstøj, der lød meget ligesom den støj, man kan høre på sin radio, når den ikke er indstillet på en bestemt kanal. Penzias og Wilson fandt ud af, at baggrundsstøjen altid var den samme, lige meget i hvilken retning teleskopet pegede og lige meget hvilken tid på dagen eller året observationerne foregik.

Støjen vedblev at være der. Efter at have udelukket andre mulige støjkluder på jorden, blev de til slut overbeviste om, at støjen måtte skyldes stråling fra rummet. Uden at vide det, havde Penzias og Wilson opfanget ekkoet fra Big Bang. Universets baggrundsstråling blev erkendt.



Fra http://da.wikipedia.org/wiki/George_Gamow

Arbejde frem mod Big Bang-teorien

Gamow udarbejdede sammen med sin studerende Ralph Alpher en betydningsfuld afhandling om kosmogoni, der offentliggjordes under titlen "The Origin of Chemical Elements" (*Oprindelsen til de kemiske grundstoffer*) i (*Physical Review*, 1. april 1948). Afhandlingen er blevet kendt som Alpher-Bethe-Gamow teorien, fordi Gamow havde tilføjet navnet på Hans Bethe (der ikke havde deltaget i afhandlingens udarbejdelse, og som er anført i afhandlingen som "H. Bethe, Cornell University, Ithaca, New York") for at skabe et morsomt ordspil med de tre bogstaver i det græske alfabet, *alpha beta gamma*.

Afhandlingen opridsede, hvorledes niveauet af brint og helium (som menes at udgøre mere end 99% af alt stof) i det nuværende univers i det store og hele kan forklares ved de reaktioner, som fandt sted ved universets begyndelse, "Big Bang". Det gav teoretisk støtte til teorien om Big Bang, omend den ikke forklarede tilstedeværelsen af grundstoffer tungere end helium (hvilket blev gjort senere af Fred Hoyle).

I afhandlingen skønnede Gamow over den tilbageværende kosmiske baggrundsstråling (CMB). Han forudsagde her, at der fra det varme, tidlige univers måtte findes en efterglød, som efter de mange milliarder års forløb ville være kølet ned, men som skulle fylde universet med en stråling med en temperatur på omkring 5 grader over det absolutte nulpunkt.

Astronomer og videnskabsmænd gjorde på dette tidspunkt ikke noget forsøg på at opdage baggrundsstrålingen, både på grund af manglende interesse og på grund af det begynderstade, mikrobølge-observation befandt sig på. Gamows forudsigelse til støtte for Big Bang blev som følge heraf ikke underbygget før i 1964, da Arno Penzias og Robert Wilson ved et tilfælde gjorde denne opdagelse, som de modtog Nobelprisen i fysik for i 1978. Deres arbejde fastlagde, at temperaturen af universets baggrundsstråling var 2,7 grader over det absolutte nulpunkt, altså kun 2,3 grader under Gamows forudsigelse fra 1948.

Gamow publicerede endnu et skrift senere i 1948 i det britiske tidsskrift *Nature*, i hvilket han fremlagde ligninger for masse og radius af en urgalakse (som typisk omfatter omkring 100 milliarder stjerner, hver med en masse der er sammenlignelig med solens).

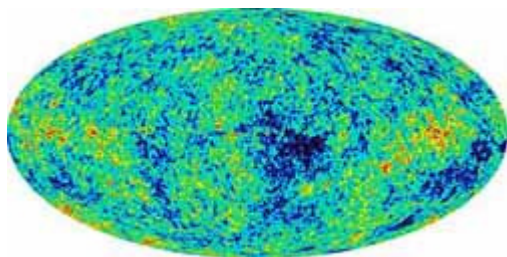
Fra <http://gl.rummet.dk/437000c>

Ekkoet fra big bang

Den såkaldte kosmiske mikrobølge-baggrundsstråling blev første gang opdaget i midten af 1960'erne af de to amerikanske astronomer Arno Penzia og Robert Wilson. Penzia og Wilson var begyndt at bruge en stor antenne i New Jersey som radioteleskop, fordi de var interesserede i at observere mikrobølgestråling fra Mælkevejen. Det blev dog snart en anden slags mikrobølgestråling, der for alvor fangede deres interesse.

Observationerne med radioteleskopet blev nemlig hele tiden forstyrret af en knitrende baggrundsstøj, der lød meget ligesom den støj, man kan høre på sin radio, når den ikke er indstillet på en bestemt kanal. Penzias og Wilson fandt ud af, at baggrundsstøjen altid var den samme, lige meget i hvilken retning teleskopet pegede og lige meget hvilken tid på dagen eller året, observationerne foregik.

Først troede de, at baggrundsstøjen skyldtes møg fra de duer, som havde bygget rede i antennen. Selv da astronomerne havde jaget duerne væk og rensset antennen for fuglemøg, kunne de høre den knitrende lyd. Til sidste blev de overbeviste om, at støjen måtte skyldes stråling fra rummet. Uden at vide det havde Penzias og Wilson opfanget ekkoet fra big bang.



Et barndomsbillede af universet. De forskellige farver viser temperaturvariationer i den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling. Det er stoffordelingen i det unge univers, der giver anledning til de små, men målbare forskelle i strålingens temperatur. Billedet stammer fra den amerikanske WMAP-satellit.

Det store brag

Ifølge den herskende teori om universets skabelse, den såkaldte big bang teori, tog universet sin begyndelse for omkring 14 milliarder år siden i et lille punkt med ufattelig høj tæthed og temperatur. Den billedlige betegnelse 'big bang' hentyder til, at dette mikro-univers pludselig begyndte at udvi-

de sig så kraftigt og hurtigt, at det uvilkårligt giver associationer i retning af en gigantisk eksplosion.

I de første 379.000 år efter big bang var det voksende univers mest af alt en kogende 'ursuppe' bestående af universets mindste byggesten, elementarpartikler, og af stråling. Strålingen var så tæt blandet sammen med elementarpartiklerne, at de ikke kunne bevæge sig frit i den mudrede suppe. Men efterhånden som universet udvidede sig mere og mere, blev den kosmiske suppe også køligere og køligere.

Da universet havde nået den relativt kolde temperatur af ca. 3000 grader var forholdene sådan, at elementarpartiklerne - protoner, neutroner og elektroner - lidt efter lidt kunne finde sammen i brintatomer. Strålingen, der hidtil havde været blandet op i ursuppen, kunne nu bevæge sig frit i universet. Man siger med en teknisk betegnelse, at der skete en 'afkobling' af stof og stråling.

Det var den stråling, der blev frigjort ved afkoblingen fra stoffet for godt 14 milliarder år siden, som Penzias og Wilson opfangede som baggrundsstøj med deres radioteleskop i 1960'erne. I den forstand havde de hørt ekkoet fra big bang i deres højttalere.

Barndomsbillede af universet

Da Penzias og Wilson uforvarende opdagede den kosmiske baggrundsstråling, viste deres målinger, at strålingen tilsyneladende var helt ensartet og jævn, uanset hvilken del af himlen teleskopet pegede imod.

Siden da har man bl.a. ved hjælp af satellit-målinger fundet ud af, at der faktisk er bittesmå forskelle i strålingens styrke. Det er en meget vigtig opdagelse, for ifølge big bang-teorien kan variationerne i den kosmiske baggrundsstråling fortælle os noget om, hvordan fordelingen af stoffet i universet var ved 'afkoblingen' – strålingen giver os en slags barndomsbillede af universet. Man kan altså tage et snapshot af universets barndom ved at måle baggrundsstrålingens styrke – dens temperatur – overalt på himlen.

På jagt efter baggrundsstrålingen

Det var den amerikanske NASA-satellit, COBE der som den første registrerede variationer i den ellers meget jævne baggrundsstråling i årene omkring 1990. Variationerne var meget små, ca. en milliontedel grad.

Siden COBE har der været flere forsøg på at måle de meget små variationer i baggrundsstrålingen, både fra satellit, fra Jorden og fra luftballon. Den seneste ballonmission fandt sted i 2001, da bl.a. forskere fra Danmarks Rumcenter sendte ballonen TopHat af sted fra Antarktis. Missionen fik sit specielle navn fordi et stort teleskop var placeret ovenpå ballonen.

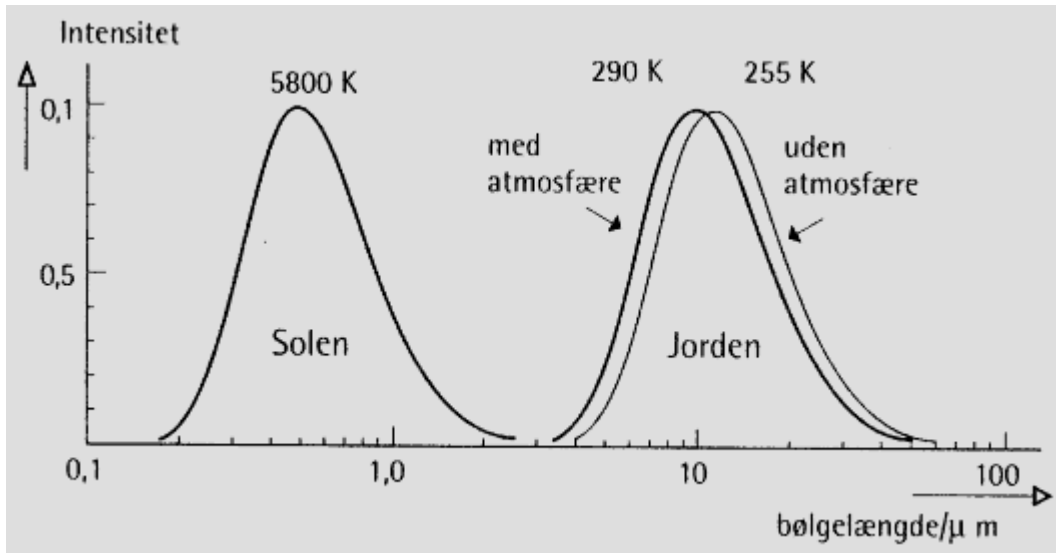
For tiden kortlægger den amerikanske satellit WMAP baggrundsstrålingen fra sin placering godt 1.5 millioner kilometer fra Jorden. Fra 2007 får den hjælp fra den europæiske satellit Planck.



WMAP-satellitten

Opgave 10: Planck-kurver

Alle varme genstande udsender elektromagnetisk stråling i hele spektret. Fordelingen af den udsendte stråling på forskellige bølgelængder kan beskrives ved såkaldte „Planck-kurver“.



Den udsendte stråling afhænger af genstandens temperatur. Jo højere temperatur, jo mere kortbølget stråling. Således ses af figuren, at en genstand med temperaturen 5.800 K (det kunne være Solen) udsender det meste af sit lys med bølgelængder i det synlige område. Derimod udsender Jorden, som er langt koldere, det meste af sin stråling i mikrobølgeområdet. Denne sammenhæng udtrykkes i *Wien forskydningslov*:

$$T \cdot \lambda_{\max} = 2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}.$$

Her er λ_{\max} den bølgelængde, hvor der udsendes mest elektromagnetisk stråling, og T er genstandens temperatur.

Solens overfladetemperatur er ca. 6.000 K.

- a. Ved hvilken bølgelængde udsender Solen det meste af sin energi? Hvilken farve lys er der tale om?

Menneskets normale temperatur er ca. 305 K.

- b. Ved hvilken bølgelængde udsender vi mest elektromagnetisk stråling? Kan man se denne stråling?

