



Big bang

Den europæiske Planck-satellit har afsløret, at universet er ældre, anderledes opbygget og mere udfordrende end hidtil antaget.

Forfatter



Michael Linden-Vørnle, astrofysiker og chefkonsulent,

DTU Space
mykal@space.dtu.dk

Vores verden har forandret sig. Ikke sådan i bogstavelig forstand, men fordi den ambitiøse europæiske satellitmission ved navn Planck har givet os ny indsigt i, hvad vi ved om universet, men også hvad vi ikke ved.

De uhyre præcise målinger fra Planck-satellitten, der blev offentliggjort den 21. marts i år, fortæller os, at universet er simpelt, men også udfordrende. Simpelt, fordi Plancks målinger grundlæggende set bekræfter vores syn på universets fødsel – det såkaldte big bang. Udfordrende, fordi Planck har afsløret meget små, men potentielt vigtige afvigelser, der måske kræver ny fysik for at blive forklaret.

Den kosmiske tåge

Big bang skete for næsten 14 milliarder år siden, da det uendelige univers blev født i en meget varm og tæt pakket tilstand. Ved big bang begyndte universet at udvide sig – en proces, der stadig er i fuld gang i dag – så både temperatur og tæthed faldt. I løbet af de første minutter efter big bang opstod fundamentale byggeklodser til vores verden: protoner, neutroner og elektroner.

I de første mange tusinde år efter big bang var universet så varmt, at det var en sydende suppe af stof

og stråling. Protonerne kunne ikke indfange elektronerne og danne brint, og alle de frie elektroner spredte lyset i alle retninger. Efter 380.000 år var universets temperatur imidlertid blevet så lav (ca. 3000 K), at protonerne kunne indfange elektronerne og danne neutrale brintatomer. Der blev også dannet en betydelig andel heliumatomer (rundt regnet $\frac{3}{4}$ brint og $\frac{1}{4}$ helium) samt meget små mængder litium, beryllium og bor.

Uden frie elektroner til at sprede lyset kunne strålingen fra big bang pludselig bevæge sig frit og uhindret af sted. Den kosmiske tåge, der havde været der siden big bang, lettede, og vi kan i dag se dette første lys som en meget jævn og svag mikrobølgestråling på hele himlen. Det er netop denne efterglød fra big bang som Planck har lavet de til dato mest detaljerede målinger af.

Følsom kortlægning

Planck har studeret universet fra en bane omkring det andet Lagrange punkt i Jord-Sol systemet. Dette punkt ligger 1,5 millioner km fra Jorden modsat Solen og er ét af fem særligt stabile punkter i Jordens og Solens tyngdefelt, hvor en satellit lettere kan fastholde sin position. Her følger Planck med Jorden rundt om Solen, mens satellitten langsomt

Stort billede: En kunstners forestilling af Planck-satellitten i rummet.

Figur: ESA, Planck Collaboration

Artiklen kommer fra tidsskriftet *Aktuel Naturvidenskab*. Se mere på aktuelnaturvidenskab.dk

roterer om sig selv. På denne måde bruger Planck ca. et halvt år på at kortlægge hele himlen én gang. Indsamlingen af videnskabelige data startede i august 2009. Under dataindsamlingen blev himlen observeret i ni forskellige frekvensbånd fra 30 til 857 GHz. De tre laveste frekvenser (30, 44 og 70 GHz) blev observeret af et instrument ved navn LFI (Low Frequency Instrument), mens de seks højeste frekvenser (100, 143, 217, 353, 545 og 857 GHz) blev fanget af et instrument kaldet HFI (High Frequency Instrument).

HFI fungerede dog kun så længe det blev aktivt kølet til en temperatur på kun 0,1 K – altså en tiendedel grad over det absolutte nulpunkt, der er den

Mælkevejen og andre galakser

Planck-satellitten har dog ikke kun set på eftergløden fra big bang. Mælkevejen og de andre galakser i universet danner en naturlig forgrund, der er kommet med i Plancks målinger. Det er stråling fra bl.a. gas og støv i Mælkevejen og i andre galakser, som Planck har indfanget. Data fra Planck giver os derfor også mulighed for at lære mere om Mælkevejen og andre galakser.

I forhold til Plancks primære opgave – at undersøge eftergløden fra big bang – er strålingen fra Mælkevejen derimod et forstyrrende gardin af støj. En meget stor udfordring for at udnytte Plancks observationer til at lære mere om big bang har derfor været at kortlægge, forstå og fjerne den stråling, der udsendes af både Mælkevejen og andre galakser.

Her har det været helt afgørende, at Planck har observeret himlen i de ni forskellige frekvensbånd. Strålingen fra big bang, Mælkevejen og de andre galakser er nemlig ikke den samme ved alle ni frekvenser, men har et karakteristisk forløb, der er styret af hvilken type stråling, der er tale om. Dette forhold er uhyre vigtigt for at kunne adskille strålingen fra big bang fra Mælkevejen og de andre galakser.

set i nyt lys

lavest mulige temperatur (-273,15 °C). Da HFI i januar sidste år løb tør for kølemiddel (flydende helium) blev Planck så at sige blind på det ene øje og indsamlingen af de primære videnskabelige data var slut. Siden da har LFI dog fortsat med at indsamle data, der bl.a. kan bruges i behandlingen af de videnskabelige data. Planck nåede i alt at observere hele himlen næsten fem gange med en umådelig høj kvalitet af målingerne.

Opkaldt efter Max Planck

Planck-satellitten er opkaldt efter den tyske fysiker Max Planck, der som den første beskrev, hvordan et legeme med en bestemt temperatur udsender stråling. Eftergløden fra big bang, som Planck-satellitten har observeret, har netop denne egenskab.

Dansk teleskop om bord

Planck er et europæisk projekt realiseret af det europæiske rum samarbejde, ESA. Således har ESA stået for selve satellitten samt opsendelsen, der fandt sted den 14. maj 2009. Plancks to ultrafølsomme måleinstrumenter, LFI og HFI, er blevet leveret af henholdsvis et italiensk og fransk konsortium, mens Danmark har bidraget med Plancks teleskop. Planck-teleskopet har indfanget og fokuseret eftergløden fra big bang, der så er blevet registreret af LFI og HFI. Teleskopet består af to spejle, der er lavet af kulfiber og belagt med aluminium.

Seniorforsker Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen fra Institut for Rumforskning og -teknologi ved Danmarks Tekniske Universitet (DTU Space) har ledet udviklingen af Planck-teleskopet. Dette arbejde er blevet gennemført med støtte fra det danske firma Ticra A/S. Det danske bidrag til Planck har givet Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen og hans kolleger direkte adgang til de uhyre værdifulde observationer Planck har leveret.



Planck-teleskopet under afprøvning. Hovedspejlet er ca. 1,9 meter højt og 1,5 meter bredt, mens det mindre sekundær-spejl er ca. 1 meter i diameter.

Foto: ESA

Universets rammelovgivning

Eftergløden fra big bang kaldes for den kosmiske mikrobølgebaggrund og er et øjebliksbillede – et snapshot – af universet som det så ud 380.000 år efter big bang. Fordelingen og bevægelsen af stof på dette tidlige tidspunkt i universets historie samt virkningen af de fysiske processer, der udfoldede sig fra big bang og frem til strålingen blev sendt af sted, er så at sige frosset fast i mikrobølgebaggrunden.

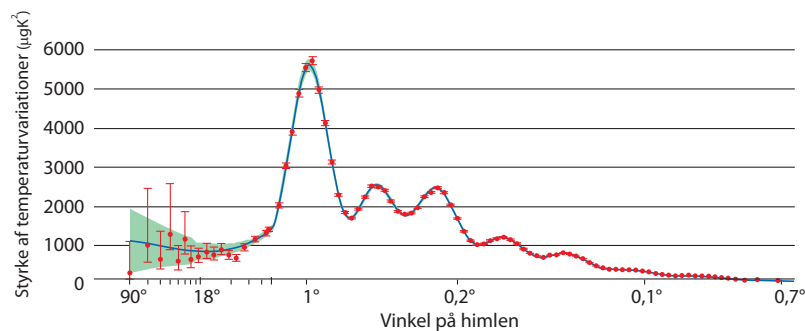
Meget detaljerede observationer af eftergløden giver derfor adgang til at studere fysikken i det tidlige univers bl.a. den såkaldte inflationsfase. Den fandt sted en forsvindende brøkdelt af et sekund efter big bang og var skyld i en meget voldsom udvidelse af universet. Overordnet set giver observationer af eftergløden os mulighed for at fastlægge universets rammelovgivning, der ud fra kun seks tal beskriver, hvordan vores verden er skruet sammen set på den helt store bane.

I praksis handler det om at se på hvor store ujævnheder, der findes i den kosmiske mikrobølgebaggrund ved forskellige vinkler på himlen. Dette angives med et såkaldt power-spektrum, der viser styrken (power) af ujævnhederne som funktion af vinklen på himlen. Den teoretiske model for universet siger, at styrken af ujævnhederne skal være størst ved vinkler på omkring 1° og det ses i power-spektrret som en markant top.

Både placeringen og højden af denne top er meget følsom overfor de forskellige elementer i vores teoretiske model for universet. Ud fra power-spektrret af Plancks observationer er det derfor muligt at fastlægge den mest sandsynlige model for universet og herudfra at få information om bl.a. universets alder og sammensætning.

Læs mere

http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck



Power-spektrret af ujævnhederne i Plancks observationer af mikrobølgebaggrunden, der viser styrken (power) af ujævnhederne som funktion af vinklen på himlen. Målingerne er markeret med røde punkter med usikkerheden på målingerne vist som lodrette, røde streger.

Den teoretiske model, der passer bedst med målingerne, er vist som en blå kurve, mens det lysegrønne område omkring kurven viser alle de variationer af den teoretiske model, der er i bedst overensstemmelse med Plancks data. Ved vinkler fra 6° og op til 90° er der imidlertid ca. 10 % for lidt styrke i de observerede ujævnheder i forhold til modellen.

Figur: Efter: ESA, Planck Collaboration

Små, men vigtige afvigelser

I vid udstrækning støtter Planck vores nuværende forståelse af, hvordan universets udvikling er forløbet fra inflationsfasen en forsvindende brøkdelt af et sekund efter big bang og frem. Ikke desto mindre har Plancks målinger givet os en ny værdi for bl.a. universets alder. Baseret på Plancks data blev hele universet født i big bang for 13,82 milliarder år siden, hvilket er ca. 75 millioner år mere end hidtil antaget.

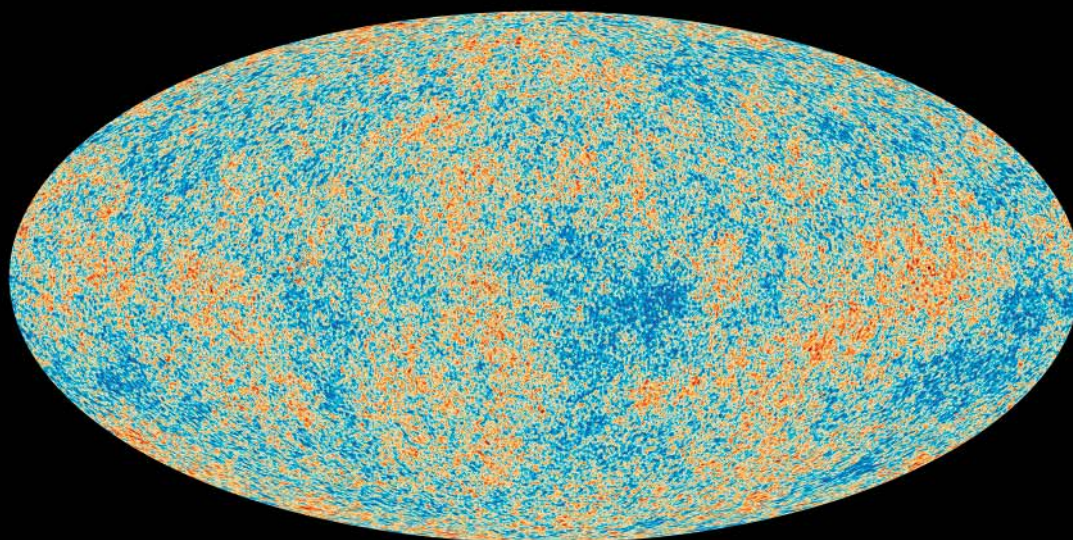
Plancks observationer har også gjort det muligt at give den til dato bedste beskrivelse af universets sammensætning. Således består universet for 4,9 % vedkommende af det normale materiale som stjerner, planeter og mennesker er lavet af. Dertil kommer 26,8 % usynligt mørkt stof, der påvirker omgivelserne med sin tyngdekraft. De resterende 68,3 % er det forskere kalder mørk energi, der får universets udvikelse til at gå hurtigere. Plancks målinger har markant ændret balancen mellem mørkt stof og mørk energi, hvor de tidligere værdier var henholdsvis 22,9 % og 72,5 %. Det har imidlertid vist sig, at der er meget små, men tydelige afvigelser fra den teoretiske model, der passer bedst til Plancks målinger. Ved vinkler under 6° er der umådelig god overensstemmelse mellem målingerne og modellen. Fra 6° og op til 90° er der imidlertid ca. 10 % for lidt styrke i de observerede ujævnheder i forhold til modellen. Dertil kommer, at den ene halvdel af himlen gennemsnitligt set har en kraftigere stråling end den anden, og at der findes en såkaldt kold plet, der er for stor til umiddelbart at kunne forklares.

Mere på vej

Tidligere målinger lavet af NASA-satellitten WMAP har antydnet forskellen mellem de to halvdele af himlen samt den kolde plet, men med Plancks følsomme observationer kan realiteten af disse afvigelser ikke længere betvivles. Dertil kommer så manglen på styrke i ujævnhederne mellem 6° og 90°, der er blevet afsløret af Planck. Samlet set er vi nu nødt til at tage disse afvigelser meget alvorligt og forsøge at finde en forklaring. Og det er jo netop det videnskabelige arbejde handler om: at stille spørgsmål til naturen og forsøge at få svarene til at give mening – også selvom de er uventede.

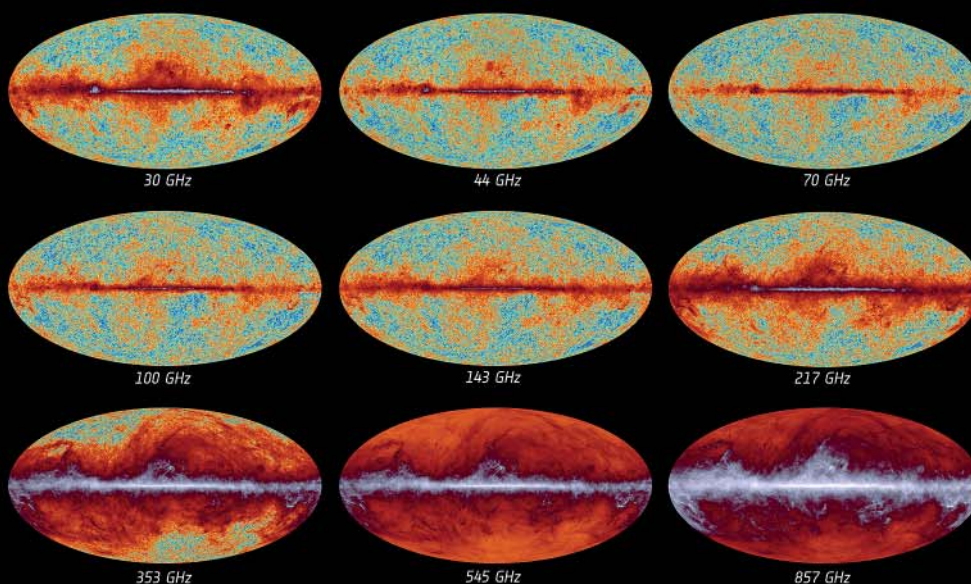
Heldigvis er der meget mere i vente. De data og resultater fra Planck, der blev offentliggjort den 21. marts i år, er baseret på observationer lavet i de første 15,5 måneder af den videnskabelige dataindsamling. Det betyder, at der er næsten lige så mange data, der stadig er ved at blive analyseret og som vil gøre kvaliteten af de endelige kort over den kosmiske mikrobølgebaggrund endnu bedre. Disse data forventes at blive offentlige til næste år og vil sammen med de resultater, der allerede er offentliggjort, danne grundlag for undersøgelser af universet og big bang mange år fremover. ■

Artiklen kommer fra tidsskriftet *Aktuel Naturvidenskab*. Se mere på aktuelnaturvidenskab.dk



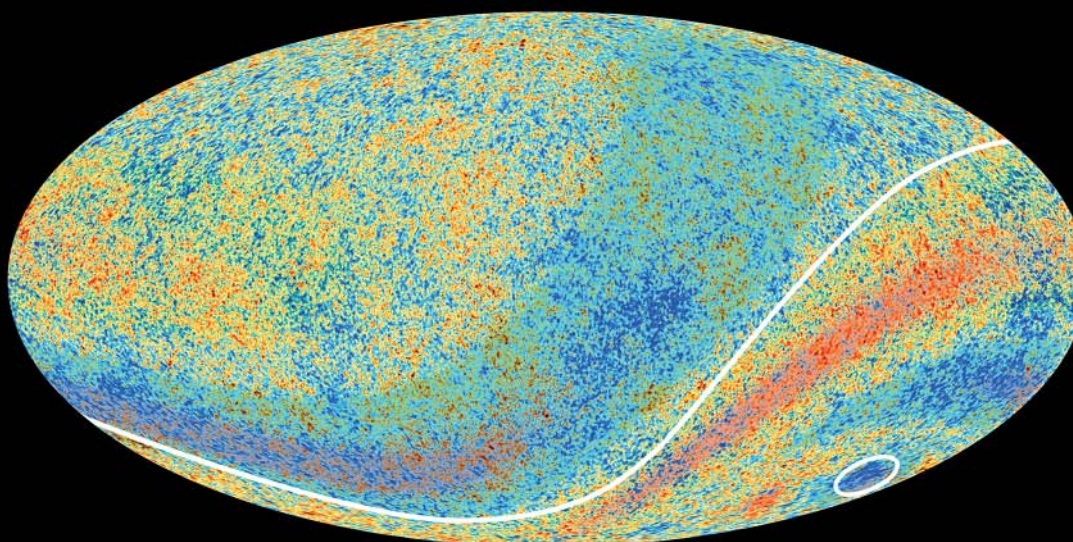
Den kosmiske mikrobølgebaggrund – eftergløden fra big bang – set af Planck-satellitten. Den ovale form svarer til hele himmelkuglen, mens de farvede pletter repræsenterer de meget små ujævnheder i eftergløden. En detaljeret analyse af disse ujævnheder gør det muligt at fastlægge universets rammeloavgivning. Lyset, der i dag ses som eftergløden, blev sendt af sted 380.000 år efter big bang.

Figur: ESA, Planck Collaboration



Planck-satellitten har observeret hele himlen ved ni forskellige frekvenser. Vores galakse, Mælkevejen, og de andre galakser er kommet med i Plancks målinger som en naturlig forgrund, der skal filtreres fra for at kunne studere eftergløden fra big bang. Heldigvis er strålingen fra big bang, Mælkevejen og de andre galakser forskellig ved de ni forskellige frekvenser, hvilket gør det muligt at adskille forgrundene fra baggrunden.

Figur: ESA, Planck Collaboration



Plancks følsomme målinger har slået fast, at eftergløden fra big bang i gennemsnit er lidt kraftigere på den ene halvdel af himlen end den anden, samt at der findes en stor kold plet. Forskerne skal nu forsøge at finde en forklaring på disse afvigelser.

Figur: ESA, Planck Collaboration