

Fra Støv til Liv

Af Lektor Anja C. Andersen
Dark Cosmology Center, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Observationer af universet peger på, at det er i konstant forandring. Alle galakserne fjerner sig, med en hastighed, der vokser proportionalt med deres afstand til os og til hinanden. Det peger på, at galakserne må have været meget tættere på hinanden engang i fortiden. Hvis man antager, at universet altid har udvidet sig, og derefter regner baglæns, kommer man frem til, at det hele for 13,7 milliarder år siden var samlet i ét eneste punkt. Al universets energi var således samlet på meget lidt plads. Derfor var der uhyre varmt. Det er de varme omstændigheder, og udvidelsen der har givet betegnelsen Big Bang til de tidligste tider. Tilsyneladende kom alting ud af ingen ting – en pludselig dannelse af stof, rum, tid og naturlove. Siden Big Bang har universet udvidet sig, og det bliver hele tiden større og koldere.

I Big Bang blev der stort set kun skabt de to simpleste grundstoffer hydrogen (H) og helium (He). De resterende 105 grundstoffer er siden hen blev dannet i stjerners indre. Det betyder, at der ikke var nogen planeter i det meget tidlige univers, idet de grundstoffer som f.eks. Jorden er dannet af ikke fandtes. Der er således gået et vist tidsrum efter Big Bang, før der var tilstrækkeligt af de nødvendige grundstoffer til at danne planeter og dermed muligheden for liv. Et af de helt store spørgsmål i den forbindelse er: Hvor lang tid tog det at få dannet nok af de nødvendige grundstoffer i stjernerne? Hvis det har taget omkring 8 milliarder år, så er vi måske blandt den første generation af levende væsener i Universet?



Figur 1: Orion tågen der befinder sig i stjernebillede Orion (i sværdet) i en afstand af cirka 1500 lysår fra Jorden. Gassen mellem stjernerne kaldes interstellar gas. (Kredit: NASA).

Vandets rolle

Alt liv, som vi kender det fra Jorden, har det tilfældes, at det har behov for vand. Behovet for vand behøver ikke nødvendigvis have noget at gøre med at drikke, idet der er vand inde i de enkelte celler. Vand har formentlig også været en vigtig ingrediens under livets dannelse på Jorden. Det er nemlig lettere for de rette byggestene, i form af molekyler, at finde sammen i en flydende væske. I en væske kan molekylerne lettere bevæge sig rundt og støde sammen. Man kan godt forestille sig, at andre væsker kan være lige så effektive som vand, men da vandmolekylet er et af de mest forekommende molekyler i universet, er det mest sandsynligt, at det vil være en vandig væske. Hvis man accepterer den grundhypotese, at vand er en væsentlig forudsætning for dannelsen af liv, vil det medføre, at en planetoverflade også er en nødvendig forudsætning.

Planetoverfladen er nødvendig for at sikre de forhold, der skal til for at vand kan være flydende. Vand findes på 3 former: som vanddamp (gas), som is (fastform) og som flydende vand (væske). De fleste steder i universet er vand tilstede i form af vandmolekyler, f.eks. som gas mellem stjernerne (se Fig. 1) eller i form af is, f.eks. på overfladen af nogle af Saturn og Jupiters måner (se Fig. 2). Kun meget få steder har vi ind til videre set tegn på, at der har eksisteret flydende vand, f.eks. i visse meteoritter og på Mars overflade (se Fig. 3). Det eneste sted hvor vi med sikkerhed ved, at der findes flydende vand, er her på Jorden. På Jorden er vandet kun flydende under bestemte tryk og temperatur forhold. Når det er koldt, bliver vandet til is. Når det er varmt, bliver vandet til damp. Hvis trykket er lavt, bliver kogepunktet lavere. F.eks. koger vand på Mt. Everest ved ca. 70°C og på Mars' overflade ved ca. 10°C. Det ekstremt lave kogepunkt på Mars skyldes den meget tynde atmosfære på planeten, dvs. et meget lavt tryk.



Figur 2: Saturns måne Mimas. Månen består primært af is og blev opdaget i 1789 af Herschel. Overfladen er fyldt med mindre kraterer, det store krater er omkring 100 km i diameter. Billedet blev taget af rumsonden Voyager 1 i 1980. (Kredit: NASA).

Planetdannelse

Tilstedeværelsen af flydende vand kræver nogle forhold, som lettest kan skabes på overfladen af en planet eller en større måne. I Solsystemet findes der to forskellige typer af planeter; de jordlignende planeter og gasplaneterne. Til de jordlignende planeter høre Merkur, Venus, Jorden og Mars. Gasplaneterne er Jupiter, Saturn, Uranus og Neptun. Gasplaneterne adskiller sig fra de jordlignende planeter ved ikke at have en fast overflade det er muligt at gå eller køre rundt på. Gasplaneterne består primært af store mængder af gas (luft). Jorden er omgivet af et tyndt lag gas, det som vi kalder atmosfæren, men for gasplaneterne udgør gassen stor set hele planetens masse – deraf navnet gasplaneter. Gasplaneterne Jupiter og Saturn har nogle meget store måner af samme størrelsesorden som planeten Merkur. Disse store måner bliver også betragtet som jordlignende planeter. Forskellen på en planet og en måne er at planeter bevæger sig i en bane omkring Solen mens at måner bevæger sig i en bane omkring en planet. Dannelse af de store jordlignende måner og de indre jordlignende planeter har formentlig være forholdsvis ens.



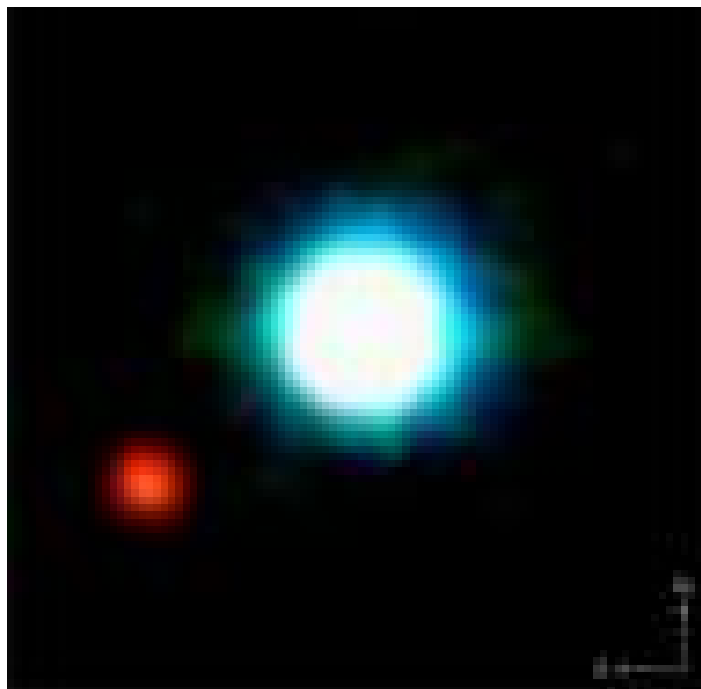
Figur 3: Mars' overflade. Der er mange forskellige tegn på at der har været vand på overfladen af Mars. Her ses noget der ligner udtørret flodlejer. Sidste år fandt de to Mars biler Oppertunity og Spirit flere forskellige mineraler som på Jorden bliver dannet ved udfældning i vand. (Kredit: NASA)

For blot 10 år siden havde vi ikke kendskab til andre planeter end dem i vores eget Solsystem. Men pga. forbedrede observationsteknikker finder vi for tiden omkring to nye planeter per måned omkring andre stjerner end Solen. Vi er nu oppe på at kende til mere end 150 andre stjerner, der har planeter i baner omkring sig – altså andre ”solsystemer” (se Fig. 4).

De planeter, der er blevet fundet udenfor vores eget Solsystem, er alle store gas planeter - ligesom Jupiter - der kredser meget tæt på deres stjerne. At det kun er store planeter, vi finder omkring andre stjerner, skyldes primært vores observations muligheder. De observationsmetoder, vi har i dag, er først nu ved at blive følsomme nok til at kunne finde planeter på størrelse med Jorden omkring andre stjerner. Vi kan

derfor endnu ikke svare på, om jordlignende planeter omkring andre stjerner er et meget sjældent eller et helt almindeligt fænomen. Inden for ganske få år vil vores observations teknikker dog være blevet så forbedrede, at jordlignende planeter vil blive opdaget, hvis de findes.

Planeter dannes sammen med deres stjerne ved at en stor sky af gas og støv begynder at falde sammen. Som en konsekvens af at skyen roterer, vil stjernen dannes i midten og planeterne i en skive af gas og støv uden om stjernen. I grove træk kan man sige, at planetdannelse sker ved at støvkornene støder sammen og danner ”nullermænd”, der støder sammen og danner små faste klumper, vi kalder planetesimaler. Når en planetesimal er et par kilometer i diameter, vil tyngdekraften trække yderligere materiale til. Planeten vil vokse, så længe at der er materiale i skiven omkring stjernen. Når stjernen i midten af skiven begynder at lyse vil det gas og støv, som ikke har klumpet sig sammen i skiven, bliver blæst væk. Dermed stopper planetdannelsen. Hele processen forløber på under 100.000 år, og der er mange detaljer, som vi endnu ikke kan redegøre ordentligt for. Men en ting ligger rimeligt fast: Uden støv ingen planeter og uden planeter intet flydende vand og uden flydende vand er det svært at forestille sig, hvordan liv skulle opstå.



Figur 4: Billedet er formentlig det første billede af en planet omkring en anden stjerne. Systemet ligger omkring 225 lysår fra Jorden i stjernebilledet Søslangen. Planetens diameter er ca. halvanden gange planeten Jupiters diameter og dens masse er ca. 5 gange Jupiters masse. Stjernen er langt mindre end Solen og dermed langt mindre lysstærk. Billedet er et infrarødt billede taget med Very Large Telescope i Chile. Der er i skrivende stund stadigvæk noget usikkerhed omkring planetens masse så måske vil yderligere observationer vise at det snare er et objekt af typen en Brun Dværg end en egentlig planet. En Brun Dværg er betegnelsen for et stjernelignende objekt som er for lille til at kunne producere energi i sit indre. Afstanden mellem de to objekter er 55 gange større end afstanden mellem Jorden og Solen. (Kredit: ESO).

Støv i universet

Støv i astronomiske sammenhænge dækker over små faste partikler (mineraller) – størrelsesmæssigt er de som røgparkler og aerosoler på Jorden. Der er en glidende overgang fra hvornår noget kaldes et makromolekyle og hvornår det bliver opgraderet til at blive kaldt et støvkorn. Typisk vil et støvkorn bestå af 1000 atomer eller mere som befinder sig i en ordnet fase og derfor betragtes som et fast stof.

Lige efter Big Bang var det ikke muligt at skabe noget støv, da universet kun bestod af de to grundstoffer hydrogen (H) og helium (He), som det ikke er muligt at lave mineraller ud fra. Støv kunne derfor først dannes efter at nogle af de 105 grundstoffer, der er tungere end helium, blev dannet. Alle grundstoffer, der er dannet efter Big Bang, er dannet i stjerners indre via fusion og blevet blæst ud i rummet i forbindelse med stjernens død. Stjerner består af gas og inde i disse store gaskugler dannes der energi ved at grundstoffet hydrogen bliver omdannet til grundstoffet helium. Den dag der ikke er mere hydrogen til rådighed i stjernens indre, vil den ikke længere kunne producere den energi der får den til at lyse – stjernen betegnes da som død. Når stjernen dør vil den sende de grundstoffer den har dannet ud i rummet. Udover at grundstoffet hydrogen omdannes til grundstoffet helium bliver der også dannet andre grundstoffer i stjerners indre. Det afhænger af en stjernes masse, hvilke grundstoffer den danner. Den kombination af grundstoffer, som vi finder på Jorden i dag, er dannet på basis af de grundstoffer, som mange generationer af forskellige stjerner tidligere i universets historie har skabt.

I modsætning til hvad man umiddelbart skulle tro, er det meget få steder i universet, der kan skabes støv. At få et støvkorn til at kondensere ud af en gas kræver nemlig to ting: (1) at gassen er forholdsvis kold (dvs. under 1500°C) og (2) at molekylernes tæthed er så høj, at de har en mulighed for at mødes. De smukke skyer af gas og støv der findes i rummet mellem stjernerne (se Fig. 1) har en meget lav tæthed. Faktisk er tætheden i disse skyer mindre end i et af de bedste vakuum, der kan skabes i et laboratorium på Jorden. Der er langt mellem de enkelte atomer og molekyler i sådanne skyer. Det er derfor ikke muligt at danne støv i disse skyer, fordi den tid det tager at få dannet et støvkorn er længere end gennemsnitslevetiden for skyerne. Når stjerner dannes i de interstellare gasskyer vil de være med til at blæse resterne af den sky de blev dannet af væk. Nydannede stjerner har ofte en kraftig stjernevind, så selvom det langt fra er alt materialet i en sky der bliver til stjerner, vil resten af materialet blive blæst bort.

Det er faktisk kun i forbindelse med en stjernes død, at de rette forhold for støvdannelse skabes. Stjerner som Solen vil ende deres liv med at blæse sig op til en rød kæmpestjerne. Når en stjerne, der kun består af gas, bliver større, vil den samtidig blive koldere. I en kold gas vil der dannes molekyler og under gunstige forhold vil molekylerne gå sammen og danne støvkorn. Støvet kan kun dannes i stjernens yderste lag, for kun her er der koldt nok. Når støvet dannes, vil det blive blæst væk fra stjernen, og stjernen vil langsomt men sikkert miste mere og mere af sin masse og ende som en smuk planetarisk tåge (se Fig. 5). På den måde bliver nydannet støv blæst ud i rummet mellem stjernerne, hvor det vil indgå i de skyer af gas og støv, hvorfra nye stjerner bliver dannet.



Figur 5: Den planetariske tåge IC418, der befinder sig i stjernebilledet Haren. Tågen befinder sig ca. 2000 lysår fra Jorden. I midten ses den hvide dværg, der er tilbage efter at stjernen har kastet sine ydre lag ud i rummet. Om ca. 5 milliarder år vil Solen også omdannes til sådan en planetarisk tåge. I den gas der bliver blæst ud i rummet fra den døende stjerne findes store mængder af små støvkorn. (Kredit: NASA).

Stjerner, der er otte gange større end vores Sol, bliver ikke til en planetarisk tåge men derimod til en supernova. En supernova opstår når en stjerne ender sine dage i en gigantisk eksplosion. Eksplosionen udsender lige så meget lys som milliarder af sole tilsammen. Under eksplosionen dannes mange forskellige af de tunge grundstoffer, som findes på Jorden i dag. Et år eller to efter eksplosionen er gassen fra den eksploderende stjerne blevet kølet så meget af, at der er mulighed for, at støv kan dannes i gassen.

Kun i forbindelse med dannelsen af planetariske tåger og i resterne af en supernova tåge er forholdene de rette til at støv kan dannes. Støvet vil kun kunne dannes, hvis der er nogle af de grundstoffer til rådighed, som der kan opbygge støv af, f.eks. kul, oxygen, silicium, aluminium, magnesium, jern, mm. Hvor mange af de enkelte grundstoffer, der er til rådighed, afhænger af hvor mange og hvilke generationer af tidligere stjerner, der har bidraget med gas til den pågældende stjerne.

Universet bliver således hele tiden mere og mere beriget (man kunne også sige forurennet!) med tungere grundstoffer som tiden går. For hver gang en stjerne dør, har den skabt nye grundstoffer, der bliver blæst ud i rummet. Det spørgsmål, der trænger sig på, er så: hvor mange generationer af stjerner skal der til, før der er dannet nok tungere grundstoffer til, at de første støvkorn kan dannes? Var det allerede muligt i supernova tågerne fra den første generation af stjerner, eller gik der mange stjerne generationer (dvs. millioner eller milliarder af år), før at der var nok af de rette grundstoffer til at de første støvkorn kunne dannes?

Så længe vi ikke kan besvare det spørgsmål, kan vi heller ikke sige noget om, hvornår de første planeter blev dannet, for planeter bliver dannet af stjernestøv. Uden en planetoverflade er det svært at forestille sig, at man kan have flydende vand, hvilket formentlig er forudsætningen for liv. Vores forståelse af hvordan og hvornår liv i universet har mulighed for at opstå, er derfor afhængig af det, vi ved – og tror vi ved – om noget så banalt som, hvordan bittesmå undselige støvkorn bliver dannet.