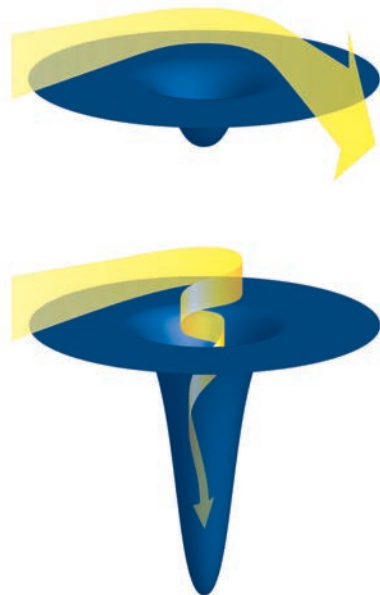


Lys bevæger sig altid langs den korteste vej mellem to punkter i rumtiden. Dette kaldes også en "geodætisk vej". I euklidisk geometri er den en ret linje (se s. 163), men på overfladen af en kugle former den cirkelbaner. I sin generelle relativitetsteori beskriver Einstein tyngdekraften som resultatet af en afbøjet rumtid. Jo stærkere tyngdekraften er, jo mere krum er rumtiden, og nogle gange så meget, så lyset ikke kan slippe væk. Så er det et sort hul.

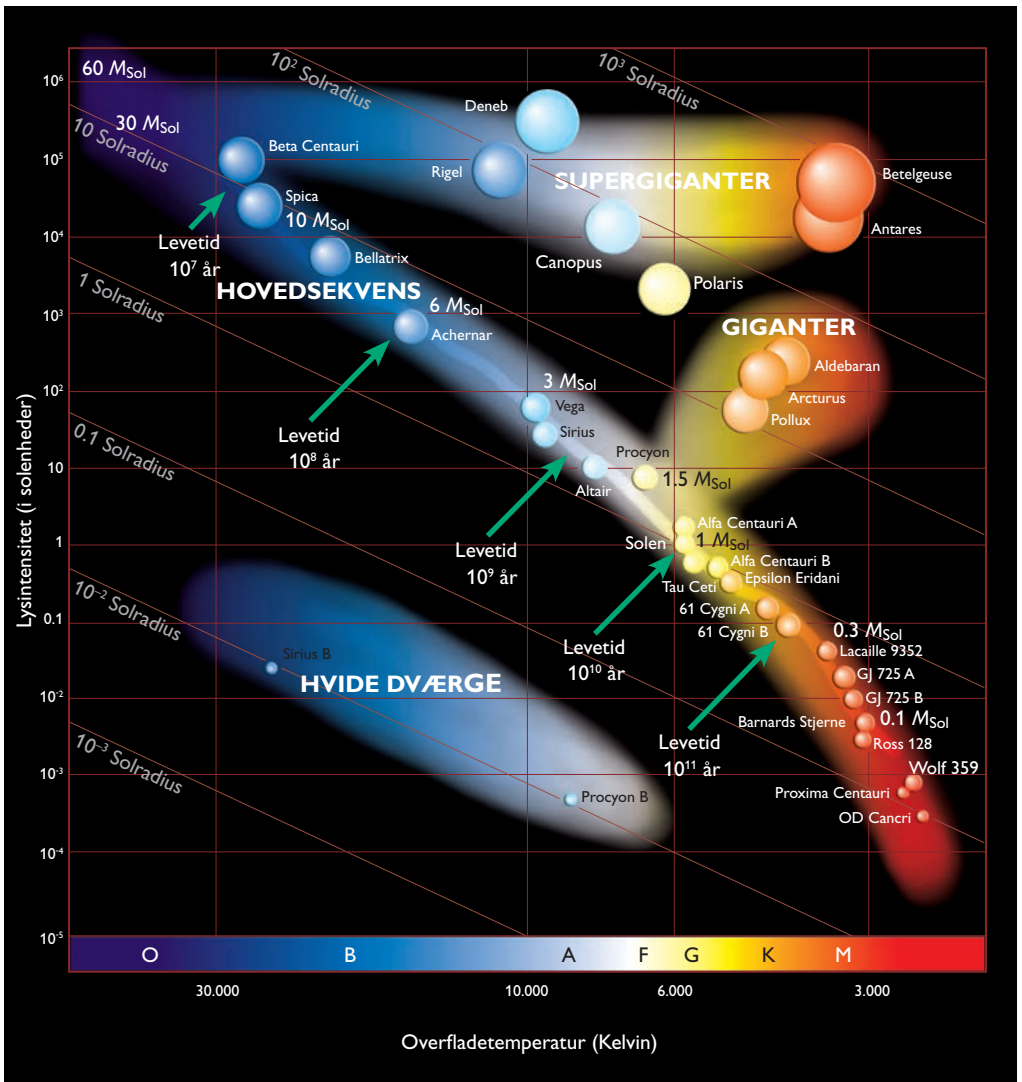


ceret teori, som meget få forstod, og som var utrolig svær at danne sig en forestilling om.

Men Einstein mente ikke kun at have frembragt en effektiv og succesrig matematisk formalisme, han mente også, at han havde fremlagt en teori om verden. Einstein søgte en sammenhængende fysisk teori, der var empirisk stringent – dvs. kunne redegøre for observationer og muliggøre korrekte forudsigelser – men som også havde fysisk mening, i den forstand at den gav os et billede af, hvordan verden rent faktisk var indrettet. Lys og masse opfører sig, som de gør, fordi verden har en bestemt struktur, en struktur som netop kan beskrives matematisk. Det kan – mærkeligt nok – ske med en matematisk teori, som mennesket, der selv er en del af verden, kan frembringe. Det var for Einstein et stort mysterium.

Vores plads i kosmos

Einsteins generelle relativitetsteori måtte have konsekvenser for forståelsen af universets opbygning. Einstein fremlagde allerede i 1917 den væsentlige konsekvens af sin teori, nemlig at universet ikke var uendeligt, men endeligt. Det var klart, at sammenhængen mellem rum og stof var en anden end den, Newton havde antaget. Rummet var ifølge Einstein ikke en beholder, som genstandene befinder sig i – dvs. en beholder, hvis egenskaber er uafhængige af genstandene. Rummets struktur var efter hans teori derimod struktureret ud fra fordelingen af de genstande, det indeholdt, lidt ligesom tunge kugler på en skummadras. Det er derfor, en lysstråle opfører sig, som den gør, når den bevæger sig igennem rummet. Newtons tyngdeteori måtte medføre, at alle genstande i rummet blev tiltrukket af hinanden og derfor måtte bevæge



En klassifikation af stjerner: x-aksen angiver temperaturen og y-aksen lysstyrken. Solen ligger trygt i midten som en meget hyppig klasse G-stjerne.

sig ind imod et fælles centrum. Hvis rummet derudover var uendeligt og indeholdt uendeligt meget stof, ville man ikke kunne konstatere et univers,

som det, man ser ud i, når man ser op på stjernehimlen en klar nat. For hvis alle legemer tiltrak hinanden, måtte universet være under konstant kollaps, og det ser man ikke. Der måtte være noget galt med Newtons tese, og Einsteins første bud var således, at universet var endeligt – en tanke, der var næsten lige så svær at fatte som den, at universet var uendeligt. Einstein mente ydermere, at universet som sådan var i bevægelse. Det var også i modstrid



med, hvad man hidtil havde ment, nemlig at de enkelte stjerner eller planeter kunne bevæge sig i forhold til hinanden, men at universet som sådan ikke bevægede sig.

Einsteins arbejde kunne også bruges til at forklare, hvorfor stjerner lyser, hvilket indtil da havde været en stor gåde. I 1920 foreslog Arthur Eddington (1882-1944), at der i en stjernes indre foregik en fusion af fire hydrogenatomer til ét heliumatom, hvorved den overskydende masse blev forvandlet til energi via Einsteins $E = mc^2$. Vores Sol var med andre ord en kæmpe hydrogenreaktor med tyngdekraften som eneste låg, og idet Solen består af 70 procent hydrogen, ville den have energi nok til at lyse i endnu ti tusind millioner år. I de følgende ca. 30 år kunne astrofysikere som Hans Bethe (1906-2005), Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-95) og Carl von Weizsäcker (1912-2007) også redegøre for, hvordan de andre elementer i det periodiske system kunne dannes via stjerners fusionsprocesser og dermed også forklare, hvordan så mærkelige himmellegemer som gule og røde giganter, supernovaer og hvide dværge blev dannet.

Kopernikus (1473-1543) havde i 1500-tallet fremlagt den tese, at Solen var universets centrum. Senere havde astronomer opdaget Mælkevejens mange stjerner, og man kunne give bud på afstanden til nogle af de nærmeste. Man kendte således nogle af størrelsesforholdene i vores del af universet og havde indset, at Solen ikke var centrum i galaksen, men lå yderligt på én af Mælkevejens spiralarme. Den amerikanske astronom Henrietta Leavitt (1868-1921) – der på grund af sit køn havde svært ved at få en fast stilling som astronom

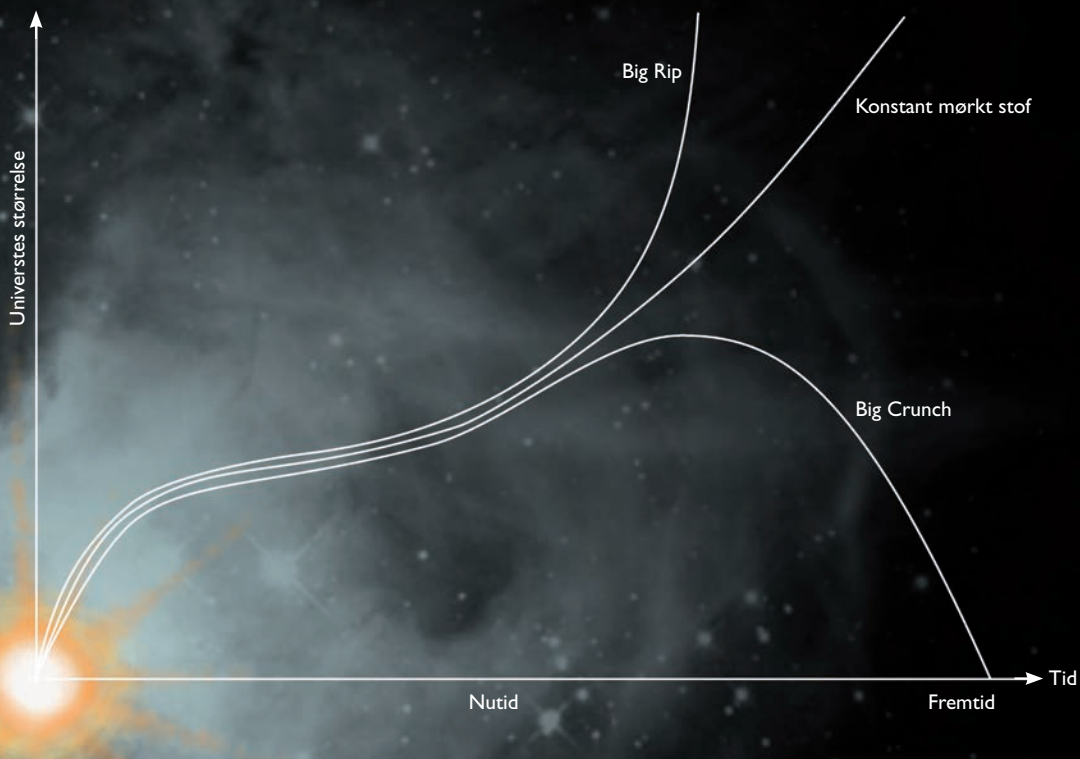
Andromeda-galaksen. Det var astronomen Edwin Hubbles opdagelse i 1924/25 af, at denne galakse ikke var en del af Mælkevejen, men i stedet var en galakse for sig selv, der for alvor startede spekulationerne om verdensrummets størrelse.

ved Harvards observatorium og i stedet blev ansat som “computer”, dvs. som “beregner” med opgaven at bestemme lysintensiteten af fjerne stjerner – havde i 1912 studeret nogle pulserende gule gigant-stjerner i den “magellanske sky”. Hun opdagede, at perioden, hvormed disse såkaldte cepheider blinkede, var proportional med deres reelle lysintensitet, hvilket hun så kunne bruge til at beregne afstanden til dem ved at sammenligne med lysintensiteten på fotografier taget fra Jorden. På baggrund af dette forarbejde lykkedes det den amerikanske astronom Edwin Hubble (1889-1953) i 1924/25 at bevise, at en af disse skyer, Andromeda-tågen, ikke var en del af Mælkevejen, men en stor samling af stjerner, der befandt sig længere ude i universet.

Ved at studere disse stjernetåger fremsatte Hubble og den belgiske præst og matematiker Georges Lemaître (1894-1966) den tese, at universet var endeligt, men i konstant ekspansion. Alle genstande i rummet fjernede sig konstant fra hinanden. Det var endda muligt at angive den hastighed, med hvilken det skete. Den var afhængig af afstanden fra Jorden og steg med afstanden. Ud fra sådanne beregninger og andre målinger antog Lemaître, at universet dels kom fra et enkelt punkt, og at det havde en endelig alder. Denne teori kaldes normalt teorien om “The Big Bang” – et navn, der faktisk oprindeligt var ment som en hån udtænkt af astronomen og science fiction-forfatteren Fred Hoyle (1915-2001), der selv var tilhænger af en “steady state”-teori, ifølge hvilken universet både udvidede sig og var evigt. Big Bang-betegnelsen holdt ved, og universet anses i dag for at være ca. 13-14 milliarder år gammelt.

Einsteins teorier viste sig at have god mening i forhold til Big Bang-teorien og det faktisk observerede. Universet var ikke statisk, men i konstant bevægelse. I 1965 opdagede de to amerikanske astronomer Arno Penzias (f. 1933) og Robert Woodrow Wilson (f. 1936), at der jævnt spredt i universet fandtes mikrobølgestråling. Denne “baggrundsstråling” med en temperatur på 2,7 Kelvin anså de fleste teoretikere som “rester” fra Big Bang og dermed som en bekræftelse af teorien.

I 1979 fremlagde den amerikanske fysiker Alan H. Guth (f. 1947) en teori om, at universet meget tidligt udvidede sig med eksponentiel hast. Denne såkaldte inflationsmodel kan forklare en del fænomener, som Big Bang-modellen ikke kan – f.eks. universets øjensynlige geometriske fladhed og relative homogenitet. Men den forudsætter, at der findes noget ekstra energi i form af mørkt stof et eller andet sted i universet, måske i vakuumet



mellem stjernerne, hvor man kunne forestille sig en konstant dannelse og ødelæggelse af partikler og anti-partikler. Einstein antog i sin generelle relativitetsteori, at der findes en sådan energi i vakuomet, som ikke ville ændre sig med tiden. Han kaldte den for den “kosmologiske konstant”, hvad han senere hen fortrød bitterligt og kaldte for sit livs “største fejltagelse”. Pointen er imidlertid, at ingen ved, hvor stor den kosmologiske konstant er, hvis den overhovedet eksisterer. Det er derfor ikke klart, hvor stort universet er, eller hvor meget stof, der er i det. Hvis der er mere end en bestemt masse i gennemsnit pr. kubikmeter, så vil universet stoppe med at udvide sig og i stedet trække sig sammen i et “Big Crunch”, og omvendt, hvis der er mindre end en bestemt kritisk masse, vil det fortsat blive større og større og ende i et “Big Rip”.

Man kunne måske tro, at Jorden, eller i hvert fald Mælkevejen, igen er kommet tilbage i centrum af universet, fordi alle iagttagere i et evigt ekspanderende univers nødvendigvis vil se sig selv i centrum af ekspansionen. Men det er kun et tilsyneladende centrum. Alle galakser og stjernetager bevæger

Universets fremtid kender vi ikke. Måske ender det i et “Big Rip”, hvor al materie, lige fra galakser til atomer, rives fra hinanden i et stadig mere ekspanderende univers, eller i et “Big Crunch”, hvor alt knuses sammen. Mange mener, at udfaldet afhænger af mængden af mørkt stof i det tomme rum.



Det såkaldte Hubble-flow betegner galaksernes bevægelse væk fra hinanden. Det skyldes universets evige ekspansion, der begyndte med det berømte Big Bang. Der findes ikke noget centrum, og alle ting bevæger sig væk fra hinanden, ligesom på overfladen af en voksende ballon. Her et kig ind i det dybeste univers, lidt nord for Karlsvognen, observeret af Hubble Space Telescope i december 1995.

sig nemlig væk fra hinanden i en stor symmetrisk strøm, kaldet det store "Hubble-flow".

De galakser, som er længst borte fra os, vil bevæge sig væk med størst hastighed, ligesom de galakser, der er tættere på, vil be-

væge sig væk, blot langsommere. Det er konsekvensen af et ekspanderende univers, og det vil gælde for alle udsigtspositioner i universet. Horisonten af det synlige univers kan derfor defineres af de galakser, som bevæger sig væk fra os med lysets hastighed. Omvendt vil en beboer på en planet i en sådan galakse selvfølgelig se vores Mælkevej som den yderste kant af sit eget synlige univers. Dette kosmologiske princip siger, at alle udsigtspositioner principielt er lige gode. Der findes ikke noget unikt centrum. Alle punkter i universet, inklusive vores Mælkevej, tog del i Big Bang og bliver nu båret med det kosmiske Hubble-flow, efterhånden som universet udvider sig ligesom overfladen på en stadig større ballon.

Atomets struktur

Den engelske fysiker Ernest Rutherford (1871-1937) gennemførte omkring 1910 en række forsøg, der gav genlyd i hele fysikkens verden. Rutherford sagde om dem, at deres resultat var ligeså utroligt, som hvis man havde skudt nogle store granater ind mod et stykke tyndt papir, og de så var blevet reflekteret tilbage og havde ramt én selv. Han sendte stråler bestående af partikler imod en tynd metal-folie, og hans resultater tydede på, at atomer ikke i sig selv var partikler, men at de igen bestod af andre partikler og var organiseret med en ekstremt lille kerne af positiv ladning med elektroner rundt omkring, fordelt i sfæriske baner.