

Tid

Onsdag den 21 januari 2015, kl 13.00 – 15.00.

Plats

Pingstkyrkan, Lasarettsgatan 11 A, Örnsköldsvik.

Avgift

50 kr.

Åhörare

122.

Disputerade 1973 i astronomi i Uppsala med en avhandling med huvudfokus på kvasarer. Lämnade astronomin och Uppsala 1978 och arbetade som lärare i Arjeplog och Hagfors till 1990. Har sedan dess arbetat vid Högskolan i Sundsvall/Härnösand – Mitthögskolan -Mittuniversitetet, i huvudsak med lärarutbildning. Från 1999 har jag varit engagerad i PISA-projektet, bland annat som nationell projektledare. Jag hade också under 00-talet ett ”återfall” i astronomin då jag deltog i arbeten om hur jordens klimat påverkas av förändringar i jordens bana.



Universums liv och död

- De första ögonblicken
- Materiens uppkomst
- Galaxer och stjärnor bildas
- Universums expansion
- Mörk materia och mörk energi
- Vart är vi på väg?
- ????

Innan K G Karlsson började sin föreläsning fick vi lyssna till pianist Rune Andersen som spelade Rhapsodie i g-moll op 79 nr 2 av Johannes Brahms.

(I utskriften finns inte powerpointbilderna med). Den här bilden har nu legat uppe ett tag, jag antar att dom flesta som varit nyfikna nog att komma hit redan har hunnit titta på vad som står där också. Men för säkerhets skull så tar jag det en gång till. Tanken med det här är alltså att ni ska följa universums resa från dom allra första ögonblicken fram till i dag och dessutom en bit in i framtiden, eller ganska långt in i framtiden.

Dom punkter vi kommer att fundera litet närmare omkring det är just ”hur blev det som det blev?” ”vad hände under dom allra första ögonblicken, eller snarare mikrosekunderna, eller första sekunden?” hur kunde det bli materia, hur uppstod materia?” För att det var ju så att från början var universum så litet och så obetydligt i sin utsträckning så det fick inte plats någon materia, utan den åstadkoms till sättet. Hur

gick det till? Så småningom när väl materien fanns kunde det bildas galaxer, stjärnor, planeter och såna som vi själva.

En nyckelfråga i det här är ju också att universum expanderar, och det kommer att spela in både när vi pratar om hur materien kom till, hur det kunde bli stjärnor och galaxer, och framför allt när det handlar om universums framtid såsom vi tror, bedömer att det kommer att ske i dag. Litet grand mörk materia och mörk energi kommer jag att nämna litet mer om, och så småningom avslutar jag då med att fundera över litet grand vart kan vi tänkas vara på väg.

Men vi börjar som vanligt med litet basfakta. Det jag kommer att utgå ifrån till större delen av den här framställningen är det vi kallar för den kosmologiska standardmodellen. Den bygger på ett antal antaganden eller observationer kan vi säga. Det första antagandet eller observationen är att universum är homogent. D.v.s. på tillräckligt stor skala så är en bit av universum där och en bit av universum där identiska i stort sett. Det är inte exakt samma saker som finns i, men materien är ungefär lika tät överallt. På liten skala är det alldeles uppenbart att det inte är homogent, därför att den punkten där det står en dator är ganska skild från den bit där jag står s.a.s. Men sätter man stor skala så är universum homogent. Det är en förutsättning för att man ska kunna räkna på det.

Man säger också att universum är isotropt, och det betyder att universum ser likadant ut åt det hållet som det gör åt det hållet, eller åt det hållet, eller åt det hållet, eller åt det hållet, eller åt det hållet. Ingen del är annorlunda och ingen riktning är annorlunda oberoende av åt vilket håll vi tittar. Vi kommer att se ungefär samma saker.

Den tredje grundbulten är i den här kosmologiska standardmodellen är att universum från början var väldigt, väldigt, väldigt hett och väldigt, väldigt, väldigt tätt. Om det var exakt oändligt s.a.s. oändligt tätt och oändligt tätt och oändligt tätt, är vi inte riktigt överens om. I varje fall väldigt kolossalt varmt.

Universum expanderar, och har gjort det ända sedan det bildades. Och i universum så vet vi att det finns synlig materia, den kan vi se, vi ser varandra, vi ser stjärnor, vi ser galaxer, vi ser allt möjligt. Men det finns också, vet vi idag, osynlig materia. Vi ska återvända till det. Vi vet inte vad det är, och det finns många olika idéer om det, men vi ska titta både på vad det kan tänkas vara och ungefär hur den beter sig, vilken inverkan den har på universums egenskaper.

Och så har jag skrivit en massa frågetecken. Därför att det tycks också som att det finns någonting mer än bara synlig och mörk materia. Och vad det är det vet vi inte. Men det har också en väldig inverkan på hur universum beter sig.

Här visas bilder: Det vi kan se det är ju sådana här saker: nebulosor, just den där råkar vara Orionnebulosan, den kan man se i stjärnbilden Orion om man utgår från Orions bälte och tittar litet nedanför Orions bältes vänstra sida kan man se en litet diffus ljusfläck. Om man använder en vanlig fältkikare så ser man att det inte är en stjärna utan litet suddig så där. I den bildas det just nu nya stjärnor, någon då och då Och det

förefaller också, när man tittar litet närmare på dom där med dom stora teleskopen, som om att det runt vissa av dom också håller på att utvecklas planetsystem.

Nere till höger så har vi i princip motsatsen till en stjärnfödelseplats. Det här är alltså en döende stjärna, en stjärna som är i slutfasen av sitt liv. Den har gjort slut på sitt bränsle, då kastar den av sig delar av sitt ytterhölje, och det kan det bli vad vi kallar en planetarisk nebulosa.

Nere till vänster är en bild av våra närmaste granngalaxer, så kallade Andromedagalaxen. Den liknar Vintergatan som är vår egen galax, men den är litet större. Den innehåller någonstans ungefär 500 miljarder stjärnor, femhundredusenmiljoner stjärnor. Det är vad man kallar en spiralgalax. Det man kan se är att det finns en ljus kärna, men sedan kan man också ana att det finns litet mörka stråk runtomkring. Det är alltså gas och stoft ur vilket nya stjärnor kan bildas.

Uppe till höger har vi en elliptisk galax. En galax rent allmänt är ett system av stjärnor, många stjärnor, några 100 miljarder eller så. Där finns ingen gas och inget stoft kvar, det har man redan gjort slut på. Här är stjärnbildningen färdig. Just den här elliptiska galaxen är alltså ännu större, den innehåller kanske 2-3000 miljarder stjärnor. Och man tror i dag att åtminstone dom stora elliptiska galaxerna har bildats genom att flera galaxer har slagit sig samman.

Här är en närbild på en spiralgalax, en stavspiralgalax. Man ser i spiralarmarna väldigt blåa partier, som är nyfödda, relativt nyfödda stjärnor. En nyfödd stjärna är kanske bara någonstans mellan 1-10 miljoner år gammal. Och att det ser blått ut beror på att dom blåa stjärnorna är dom som lyser starkast. Det bildas stjärnor både blåa och röda, men dom blåa är mycket ljusstarkare och därför är det dom vi ser bland dom nybildade stjärnorna. Vi ser också ett ljus kärnparti och litet gas- och stoftstråk.

Det här att galaxer slår sig samman kan vi observera också i dag. Det här är alltså två galaxer som nu befinner sig väldigt nära varandra, och är på kollisionskurs och kommer om några 100 miljoner eller så att ha förenats i en enda galax.

Det finns också en del ganska dramatiska skeenden. Det ser ut som en elliptisk galax, men vi ser att det finns väldigt mycket stoft i dom centrala partierna, och här tror vi att en sådan här kollision är på väg att fullbordas. Den här är också väldigt aktiv, sänder ut mycket radio- och röntgenstrålning och sådant där, som ger ytterligare information om vad som pågår där inne.

Galaxer samlar sig i hopar. Det här är vår närmaste stora galaxhop, den kallas för Virgohopen och ibland brukar man säga att vi bor i utkanten av Virgohopen. Det är ungefär 50 miljoner ljusår till Virgohopens centrum. Ett ljusår är alltså den tid den sträcka som ljuset färdas på ett, som är ungefär 10 miljoner miljoner kilometer och så multiplicerar man med 50 miljoner så får vi avståndet till Virgohopen.

Tänk er om man ska räkna till en miljard. Hur lång tid tar det? Jag tänker så här att räknar med ett tal i sekunden, och det är ju jättelätt i början: 1, 2, 3, 4, 5 det går ju mycket fortare. Men när man kommer upp till 632783482 då tar det kanske litet mer än

en sekund att räkna tal. Säg ett tal i sekunden i genomsnitt. Och så håller man på åtta timmar om dagen. Hur lång tid tar det? Det tar ungefär 97 år! Det var en miljard sekunder. Och då kan man tänka hur det är på 13 miljarder år som är dom tidsrymder som vi rör oss med. Det sätter det litet grand i ett perspektiv.

Det där var rena basfakta. Så där ser det ut, det där vi se, det där vet vi att det finns, och vi har dom där grundantagandena om tätt och hett och expansion och allt möjligt sådant där.

Den modell vi har i den kosmologiska standardmodellen den säger att från början fanns det ingenting, bokstavligen ingenting! Så hände det något. Och det vi tror hände är vad vi kallar för en kvantfluktuation. Vi vet i dag att på mikromikromikronivå s.a.s. så händer en massa konstiga saker. Man får alltså fluktuationer i ett kvantfält, och det gör att materia uppstår och förintas, uppstår och förintas, uppstår och förintas hela tiden. Vi tror också att det var också vad som hände. Vi kan inte förklara det närmare s.a.s. utan vi säger bara att någonting hände, som gjorde att det bildades vad man kallar för ett falskt vakuum. Och ett falskt vakuum är alltså någonting som inte innehåller materia, men det innehåller energi.

Vi fick alltså en energibubbla som uppstod i en kvantfluktuation. Och så lämnar vi den frågan med det, och så får vi leva med det att det var så. Och vad som då hände var att vi fick det vi kallar för Big Bang eller den stora smällen. Det här skulle så småningom utvecklas till vårt universum, och det började då expandera. Det blev en bubbla som växer och växer.

I det här skedet brukar frågan komma ”vad fanns det då före Big Bang?” Då ska man komma ihåg att det var så här att rummet, som vi känner det, det rum som vi alla finns i idag. Det uppstod i samband med Big Bang, men det var inte bara rummet som uppstod, tiden uppstod också. Det fanns ingen tid innan Big Bang. Och fanns det ingen tid då saknar begreppet ”före” mening. Om tiden inte finns då kan vi inte fråga om före och efter, för det finns inte heller. Frågor på det? Publiken skrattar.

Då har vi alltså en bubbla, tom bubbla, ingen materia. Det har börjat bildas ett rum s.a.s. det har börjat expandera, och det har också bildats en tid som gör att skeendena i fortsättningen sker i en specifik riktning, d.v.s. framåt i tiden. Det är ju ett annat svårt problem, varför går tiden bara åt ett håll? Men det är en särskild föreläsning.

Vi vet ju att i dag finns det materia. Och då frågar jag ”var kommer den ifrån?” Materia kan bildas på två sätt. Det ena sättet är vad vi kallar för parbildning. Då föds materia ur tillräckligt energirik strålning. Strålning kan alltså bilda materia. Det är bara två olika sidor av samma mynt. Både strålning och materia är en form av energi, och dom kan övergå i varandra. När materia föds ur strålning så bildas det inte bara materia utan också det vi kallar för antimateria.

Och dom här materia och antimateria dom är identiska i alla avseenden utom att dom är varandras motsatser om man får säga så. D.v.s. dom har motsatt laddning men båda har samma massa. Men om en partikel eller materia av ett visst slag och motsvarande mängd antimateria möts, då förintas båda två. Och då återgår det till strålning. Den här

processen kallas för annihilation. Så vi har parbildning som bildar partiklar ur strålning och vi har annihilation som gör strålning av partiklar.

Det där hade inte särskilt stor betydelse för att bilda materia. Utan det mesta av den materia som vi har och ser och upplever i dag bildades ursprungligen som vad man kallar virtuella partiklar. Det där är litet konstigt, det låter som om jag står och ljuger, men jag gör faktiskt inte det. För att göra virtuella partiklar så behöver man egentligen ingen energi. För den energi som går åt, den lånar man ur framtiden, och sedan betalar man tillbaka innan resten av universum hunnit märka någonting. Det här låter ju som rena joxet, men det här sker fortfarande. Många av er har väl hört talas om att "lika laddningar stöter bort varandra" och "olika laddningar drar varandra till sig". Ja, ganska många har hört det.

Här har vi då säger vi en proton, en positivt laddad partikel, och här har vi en elektron, en negativt laddad partikel. Dom drar varandra till sig. Men hur vet dom om varandra? Hur protonen här att det finns en elektron där borta? Hur kan den veta det? Jo, det vet den därför att det bildas virtuella fotoner som skickas mellan dom här och talar om för dom att där borta har du en "kompis". Och dom virtuella fotonerna bildas alltså just på det sättet att man låna energi ur framtiden, och så gör dom det dom ska, och så försvinner dom igen. Och ingenting har egentligen hänt annat än att signalerna har skickats.

På samma sätt hålls atomkärnor ihop, atomer hålls ihop, partiklar kan övergå i varandra. Allting sådant förmedlas av sådana här virtuella partiklar. Och det här sker alltså hela tiden, annars skulle inte världen kunna existera.

Om vi tittar litet närmare på hur en sådan här process går till egentligen. Bild: Till vänster där pilarna går horisontellt, det är bara tidspilar. Tiden går från vänster till höger. Och så finns det ingenting där till vänster. Så kommer det litet låneenergi in nedifrån och plötsligt så uppstår då ett sådant här partikel- antipartikelpar. Om det inte är något speciellt med det så kommer dom att göra någonting, skicka signaler mellan partiklar eller vad dom nu hittar på. Och efter ett litet litet tag, och det handlar om väldigt korta tidsrymder, det handlar alltså om 0,13 nsek, som dom kan existera. Sedan måste dom förintas igen för att man ska hinna "betala tillbaka" innan resten av universum har märkt det. Då är det liksom bara borta.

Dom här partiklarna annihileras och tiden bara går, inga partiklar finns, ingen energi. Så där fungerar det i vanliga fall, och så fungerar det nu. Men vi ska en liten utvikning med det här med parbildning. Parbildningen som alltså bildar partiklar som bildas ur strålning, det kräver väldigt hög temperatur. Det här var viktigt under ett litet kort ögonblick. Protoner, partiklar som alltså bygger upp atomkärnor tillsammans med neutroner, kräver en temperatur som är högre än ungefär 10 miljarder grader. Den temperaturen hade vi under universums första mikrosekund. All parbildning hade upphört när universum var en sekund gammal. Så efter det så är det bara sådana här virtuella partiklar som avgått.

När universum var nytt så expanderade det under en period väldigt, väldigt snabbt. Då blev det litet problematiskt. För att vad som hände då det var att (bild) till vänster, här

har vi samma bild som förra bilden. Det finns ingenting till en början. Man lånar energi av framtiden. Partikel och antipartikel bildas men universum expanderar så snabbt, så dom här tappar liksom bort varandra. Och då kan dom inte annihilera. Då måste man göra dom till riktiga partiklar, och då behövs det riktig energi. För att man kan inte betala tillbaka den energi man hade lånat. Och då tar man energi istället ur den här snabba expansionen. Det bromsar expansionen en aning, men det tillåter dom här partiklarna att bli riktiga partiklar. Det här är liksom grunden till att det faktiskt finns materia idag. Det var att universum expanderade så snabbt att partiklar tappade bort varandra, eller partiklar och antipartiklar tappade bort varandra.

Då kommer nästa lilla problem. Vart tog antipartiklarna vägen? För har nu hela tiden pratat om att vid parbildning så bildas det partiklar och antipartiklar, lika mycket av varje. Sådana här virtuella partiklar bildas på samma sätt: lika mycket partiklar som antipartiklar, och så annihilerar de eller annihilerar inte. Men nu skulle det ju inte vara så bra om hälften av universum var materia och andra hälften var antimateria, för att om de skulle mötas då skulle ju alltihopa försvinna. Så vill vi inte ha det. Och så är det inte heller, utan allting tyder på att i dag finns ingen antimateria kvar. Vart tog den vägen?

Jo, det var så här att det var faktiskt så att det var lika mycket partiklar som antipartiklar som bildades. Men i universums barndom så fanns det en sorts partiklar, dom finns förmodligen fortfarande kvar, men vi ser dom inte, som kunde omvandla materia till antimateria och antimateria till materia. Omvandlingen av antimateria till materia var litet, litet, litet mer effektiv än omvandlingen var från materia till antimateria. Så vi fick ett litet, litet, litet överskott av materia över antimateria. Det lilla överskottet, ungefär en partikel per ursprungligen en miljard partikelpar, det är det som utgör all materia, och som finns kvar i dag. Resten har annihilerat, försvunnit, är borta. Så egentligen fanns det mycket mer materia från början, men nu är det bara en liten, liten rest kvar. Och det räcker ju till kanske det också.

Vi hade från början en bubbla med tid och rum och ingenting mer, det har bildats materia och så har den mesta materian annihilerat, försvunnit. Och vi har kanske en miljarddel ungefär av den ursprungligen bildade materien. Universum fortsätter att expandera, och efter ungefär tre minuter så har det svalnar till ungefär 10 miljoner grader. Och då är det tillräckligt svalt, det är ungefär samma temperatur som det är mitt inne i solen. Där bildas det helium ur väte, ur protoner. Det kunde det göra i hela universum under några få sekunder, så kunde det bildas litet helium och väldigt litet litium.

Det som då bildades efter tre minuter efter Big Bang, så bestod universum till ungefär 75 % av väte, eller snarare protoner och ungefär 25 % helium och några 100-dels procent litium, inget mer. Dessutom var universum då fortfarande väldigt hett, 10 miljoner grader. Då kan inte atomer sitta ihop, det fanns förstås elektroner också, men då kan inte atomkärnorna sitta ihop, utan det fanns bara fria atomkärnor och fria elektroner, plasma.

Men universum fortsätter att expandera och vart eftersom det expanderar och expanderar och expanderar och blir större och större så blir det också kallare och kallare. Så efter ungefär 300 000 år var universum så pass kallt, ett par tusen grader, så att elektronerna kunde fastna vid protoner och heliumkärnor och sådant där. Vi fick

alltså neutrala atomer. Hela universum blir i princip neutralt och samtidigt så blir det genomskinligt därför att då kan den strålning som finns där också ta sig fram. Tidigare har dom hela tiden växelverkat och krockat med fria elektroner framför allt, och inte kommit någonstans. Men då blir universum genomskinligt. Det innebär att dom strålningsrester, den strålning som fanns i universum vid den här tiden, ungefär 300 000 år efter Big Bang, den kan vi fortfarande se. Vi kan inte se den därför att den ligger i mikrovågsområdet, den var synlig röntgenstrålning på den tiden, men i och med att universum expanderar så expanderar också strålningen och blir mer och mer långvågig och ligger i dag som mikrovågsstrålning runt hela universum, i hela universum. Hela universum är fyllt av sådan här mikrovågsstrålning. Det är ett av tre riktigt, riktigt starka argument för Big Bang-modellen.

Sedan går ju utvecklingen vidare. Nu är det lugnt och fint, det är neutrala atomer, och efter några 100 miljoner år så kunde man också börja bilda stjärnor och galaxer, alltså stjärnsystem. Dom tyngre grundämnena som vi är gjorda av: kol, kväve och syre och metaller och sådant där. Dom har senare bildats inne i stjärnor. Så därifrån kommer dom. Men det är också en annan historia.

Bild: Det här är en annan bild på en döende stjärna. Och ungefär kanske solen kommer att se ut om fem miljarder år eller så, när den har gjort slut på sitt bränsle och kastar av sig sitt ytterhölje, och när den dör kastar den också ut ämnen som har bildats inne i stjärnan som till exempel kol, kväve och syre, sådant som vi är gjorda av. Så vi är ju stjärnaska.

Det där var den övergripande utvecklingen fram till i dag. Men då dyker det upp en del intressanta frågor. Den första frågan jag tänker ställa är ”varför är himlen svart?” Det här har att göra med hur stort är universum, är universum oändligt. Om universum vore oändligt då skulle det egentligen inte spela någon roll åt vilket håll vi tittade. Oavsett åt vilket håll vi tittade, precis i vilken riktning som helst, så skulle blicken förr eller senare stöta på stjärnor. Det borde betyda att hela himlen vore lika ljus som en stjärnyta, men det är den ju inte. Vi vet att den är svart.

Det finns egentligen två förklaringar till varför det är så. Den ena är att universum inte är oändligt gammalt. Vi tror idag att universum är 13,7 – 13,8 miljarder år gammalt. Det är ju jättejättelänge, men det är inte oändligt. Det innebär att på den tid som har funnits så har ljuset från dom mest avlägsna stjärnorna inte hunnit hit än så det kan vi inte se. Dom ligger så långt bort så att 13,7 miljarder år för att ta sig fram med ljusets hastighet räcker inte. Det är den ena förklaringen.

Den andra förklaringen är att i och med att universum expanderar så förskjuts ljuset längre och längre bort. Det innebär alltså att det ljus som från början var som synligt ljus, det tänjs ut och kommer att uppträda som mikrovågor, och det kan vi ju inte se. Men om vi skulle kunna se det, då skulle himlen vara ljus. Då skulle hela himlen bada i dom här mikrovågorna. Och det här en bild av hur man skulle kunna tänka sig att det skulle se ut om våra ögon kunde uppfatta mikrovågor.

I Skavlan-programmet i fredags hade man med sig en badboll, den skulle då illustrera just hur mikrovågsbakgrunden ter sig. Det var det det skulle visa, fast det blev aldrig riktigt utrett. Men ungefär så skulle det se ut.

Som jag sa så är den här kosmiska bakgrundsstrålningen ett väldigt väsentligt, väldigt viktigt argument för den här modellen som jag har försökt att redogöra för. Det var så att George Gamow som aktiv forskare i mitten av 40-talet och många år efter det också, förutsa att den här strålningen borde finnas. Och han var kritiker, alltså han var kritisk till Big Bang-teorin som hade föreslagits. Han sa att ”varför ser vi inte den strålningen för det borde vi göra om det här vore sant”.

Ungefär 20 år senare så upptäckte man den här strålningen av en ren slump. Det var Penzias och Wilson som arbetar på Bell-laboratorierna i östra USA som höll på med att man skulle försöka skicka telefonsignaler, radiosignaler över Atlanten. Det gick inte bra för man fick in för mycket brus. Och man kunde inte förstå vad det var, man trodde att det var duvträck, så man var upp och skurade dom där antennerna på alla möjliga sätt, spolade dom och tvättade dom och byggde bättre och bättre förstärkare. Det hjälpte inte det heller. Det man hade uppfångat det var just den här bakgrundsstrålningen. Sedan fick dom så småningom Nobelpriset för det här också.

Det här var en rest från när universum hade blivit genomskinligt, ungefär 300 000 år efter Big Bang. Idag så kartlägger vi det här i detalj för att förstå hur galaxer och galaxhopar så småningom kunde bildas. Bild: Och så där ser en karta över mikrovågsbakgrunden ut. Man ser olika färger. Det är otroligt små skillnader, mellan det djupblå så är intensitetsskillnaden ungefär en tusendels promille, så det är väldigt små fluktuationer.

Det andra var det här med rödförskjutningen. Det innebär tvåspektra, det är samma spektrum från en galax. Om den vore i vila skulle det se ut som på den övre bilden. Är det så att en rör sig bort ifrån så flyttas allting åt det röda hållet. Och det gör det att så småningom förskjuts det bort från synligt område och in i mikrovågor.

Universums expansion: Det här är litet knepigt därför att: vad är det som rör sig? Alltså man skulle kunna flytta på en förfärlig massa galaxer, som var och en innehåller hundratals miljarder stjärnor och så, det skulle ju gå åt ohyggliga mängder energi för att göra det. Dessutom skulle det finnas en begränsning i att ingenting kan röra sig snabbare än ljuset. Men så är det inte riktigt för vad som händer är att det är rummet självt som växer. Det är själva rummet som blir större och större. Man kan tänka sig att man har en deg och i den degen finns det en massa russin. Och när degen jäser då följer russinen med. Ungefär så brukar man beskriva det.

Det innebär till exempel att om vi har en bild av universum nu, och så har vi en annan bild av universum som är litet senare. Så är det så att proportionerna, förhållandena mellan de kroppar som finns i det här universumet, dom förändras inte. Var det dubbelt så långt till A som det var till B förut, så kommer det att vara dubbelt så långt från A till B som det är nu också.

Kropparna själva, alltså galaxerna och stjärnorna, dom blir inte större, utan det är rummet som växer och dom här kropparna som hålls ihop med gravitation, tyngdkraft, dom förändras inte egentligen, utan dom åker bara med i den allmänna expansionen.

Det där kommer vi att återvända till, hur det egentligen kan bli. Men som det fungerar just nu i alla fall, så ser vi inga tecken till att galaxerna själva blir större, eller galaxhoparna för den delen. Men att avstånden växer.

Nu är det också så att om vi tittar på dom två punkterna längst upp till vänster, så tänker vi oss att det avståndet är ett visst, och så tänker vi att avståndet mellan punkt 1 och punkt 3 är dubbelt så långt. Så tänker vi oss att det motsvarar då dom där tre punkterna i den högra figuren, kan man möjligen tänka sig om hastigheten: hur mycket har det förändrats på samma tid. Då har den tredje punkten förflyttat sig dubbelt så långt bort från den första punkten, alltså förändringen i avståndet blir dubbelt så stor. Och på det sättet så får man alltså fram att ju längre bort någonting ligger, desto snabbare tycks det röra sig bortifrån oss. Men det blir en följd av att det är rummet egentligen som expanderar. Det här är det andra väldigt starka argumentet för Bing Bang-modellen.

Det var ju så här att för mindre än hundra år sedan hade man ingen aning om det här. Och Einstein höll på att räkna, han hade just kommit på sin allmänna relativitetsteori. Och i den fick han inte riktigt det här att gå ihop. Därför att i den teorin, som ju är en teori för gravitation så visade det sig att universum kan inte vara stabilt. Utan antingen kommer universum att falla ihop, eller också så kommer universum att expandera. Och på den tiden så var man helt övertygad om att universum var helt stabilt och oförändrat.

1927 publicerade Edwin Hubble en artikel som visade att det fanns ett samband mellan galaxers avstånd och hur snabbt de tycktes röra sig bort ifrån oss. Och ju längre bort dom når desto snabbare rör dom sig ifrån oss. Han fick då fram ett värde, och det här är en indikation på att universum inte är stabilt, utan universum expanderar.

Idag ser det ungefär ut så här: Man har alltså en väldigt tajt relation, som är väldigt tydlig, och det är ingen tvekan om att man har i stort sett en linjär relation, d.v.s. en rät linje som visar just att dubbelt så stort avstånd ger dubbelt så stor hastighet, tre gånger så stort avstånd ger tre gånger så stor hastighet. Vilket är en väldigt tydlig indikation på en expanderande rymd. Argument nummer två för Big Bang.

Nu börjar det blir spännande, för nu kan man börja fundera över: Hur sker den här expansionen? Vad kommer att hända? Det beror på hur mycket materia det finns i universum. Men inte riktigt så heller utan densiteten, tätheten utav allt som finns i universum. Det är ju materia, det är kanske något annat, också kanske det är något annat, och så är det litet strålning. Sammanlagda densiteten av allt detta utgör universums framtida öde.

Man brukar definiera ett mått på det här som man kallar för Ω . Och det är den densitet som faktiskt är dividerad med det man kallar den kritiska densiteten. Och den kritiska densiteten den innebär att om $\Omega = 1$, innebär ju att densiteten = den kritiska. Då kommer alltså expansionen att avstanna och bli 0 efter oändligt lång tid. Den avtar, avtar, avtar, avtar och avtar. Efter tillräckligt lång tid så kommer den att bli 0 och universum blir stabilt. Det blir liksom ett gränsuniversum kan man säga.

Om densiteten är lägre, d.v.s. om Ω är < 1 . Då kommer den här expansionen att fortsätta för evigt. Universum breder ut sig för evigt, större och större och större.

Om $\Omega > 1$, d.v.s. om densiteten är större än det här kritiska värdet, kommer expansionen att fortsätta under en viss tid, och efter tillräckligt lång tid så kommer den att stanna upp, och sedan kommer det att bli en kollaps så universum kraschar ihop.

Det vore ju kul att veta: Hur går det? Det finns ju flera sätt att göra. Man kan till exempel mäta: Hur ser den här kurvan egentligen ut? Det kan man mäta genom att man tittar allt längre och längre och längre bort. För då tittar vi också bakåt i tiden. Bild: Den horisontella axeln är tidsaxeln. Tittar vi längre åt vänster i diagrammet kan vi se att alla kurvorna utom den i mitten är litet krökta. Utav det så skulle man kunna dra den slutsatsen hur universums expansion kommer att fortgå.

Den andra modellen är densiteten, att väga. Man tar en tillräckligt stor bit av universum och så räknar man ut volymen på den och så väger man den, och sedan beräknar man densiteten och så är det klart! Då är det så här att när man gör så, man försöker till exempel med hjälp av både vägmetoden och med att titta på kurvametoden så försöker man ta reda på: Hur är nu egentligen? Då tycks det tyda på att om man tittar på kurvametoden så förefaller det som om densiteten är ungefär 30 % av den kritiska, d.v.s. $\Omega = 0,3$. Eftersom den är mindre än 1 så skulle vi leva i ett öppet universum som fortsätter att expandera i all evighet. Gott så!

Då tänker man sig att det här måste ju stämma bra. Vi tar bara och tittar på och definierar en volym i universum. Sedan tar vi och väger allting, vi ser efter allting som är där och så gör vi en uppskattning av hur mycket väger det. Och så delar vi den uppskattade massan med volymen och så får vi fram densiteten. Då hamnar man inte alls på 0,3 utan vi hamnar på 0,05, alltså 5 % av den kritiska tätheten i stället för 30.

Finns den någon annan metod att ta reda på hur mycket, hur stor densiteten av den vanliga materien är. Då kan vi tittat på förhållandet mellan väte och helium och litium i universum. Det är vad det här diagrammet ska försöka illustrera. Det visar sig då att det enda värde som stämmer ungefär med de halter vi ser det är att densiteten av vanlig materia är någonstans i storleksordningen 4-5% av den kritiska. D.v.s. det stämmer ganska väl med den här väga-universummetoden. Vi ligger där någonstans kring 5 %. Det blir ju jättekonstigt, det fattas ju 25 %. Hur kan det komma sig?

Då börjar man titta litet närmare på en del andra observationer, och bland annat tittar man på hur roterar galaxen? Det kan man mäta. Det borde då vara så att det går upp ganska snabbt mot ett spetsvärde, och så går det i stort sett ned igen. Men det gör det inte. Det går upp till toppvärdet, och sedan ligger det ungefär plant. Det borde det inte göra, utan det här indikerar att galaxerna egentligen är mycket större än vad som ser ut att vara. Dom är mycket större än det som den synliga materien ger intryck av. Vad som finns där utanför den synliga materian, det kan vi inte se. Vi ser det inte med synligt ljus, vi kan inte se det med radiovågor, vi kan inte se det med röntgenteleskop, vi kan över huvud taget inte se vad det är. Men vi ser det i dom här rotationskurvorna. Så någonting finns ju där.

Det är det här som har fött tanken om vad vi kallar mörk materia. Just när det gäller galaxers rotationskurvor så kan det här delvis förklaras utav osynlig vanlig materia, det

man kallar för MACHOS, massiva kompakta haloobjekt. MACHOS har ingenting med machograbbar att göra utan det står för ”massive astrophysical compact halo”. Massiva, kompakta haloobjekt. Halo är det som omger galaxers närmaste omgivning. Även neutriner, små, små, små partiklar som vi i dag vet att dom faktiskt har en liten, liten massa.

Ännu värre blir det när man börjar titta på andra saker. Man kan till exempel idag se det vi i dag kallar för gravitationslinsen. Bild: Vi ser dom där ”blåa fjuttarna” som pilarna pekar på runt omkring den här ”blobben” i mitten. ”Blobben” i mitten är en galaxhop. Den fokuserar ljuset som ett förstoringsglas. Den ger bilder av det som finns längre bort, och det är det som ger upphov till dom blåa bilderna. Det kan man räkna på och räkna ut hur mycket materia, hur mycket massa behövs till den här galaxhopen i förgrunden, för att ge dom här bilderna. Då konstaterar man att det behövs mycket, mycket mer, åtminstone 5 – 10 gånger mer än vad som den synliga materian kan förklara. Fem gånger mer, ja det var ju ungefär vad vi behövde, sex gånger mer, 30 % istället för 5. Så det räcker inte heller.

Tar man bilder i röntgenområdet av stora galaxhopar kan man se att det finns het gas i galaxhoparna. Den gasen rör sig väldigt snabbt. Och om det vore så att det bara var den synliga materian som skulle försöka hålla kvar den där gasen, då skulle det inte räcka till, utan den skulle rymma på en gång. Men vi ser det här i praktiskt taget alla galaxhopar som är observerade på det här sättet. Det innebär att det vanliga måste vara att den heta gasen blir kvar och inte ”rymmer”. Då skulle det vara väldigt osannolikt att om det skulle kunna ske på något annat sätt än genom gravitationen från materien som finns där. Vilket också ger någonstans mellan 5 – 10 gånger mer än vad den synliga materian bidrar med. Någon form av någon sorts mörk materia, som vi tills vidare inte vet vad det är, finns där. Den ger konstiga rotationskurvor, den ger gravitationslinseffekter, och den håller kvar het gas i galaxhopar. Men vad det är det vet vi alltså inte.

Om vi sammanfattar så här då kan vi säga att det mesta tyder på, när vi tittar på universums storskaliga strukturer, att materietätheten skulle vara ungefär 30 % av den kritiska. Den vanliga materien, den vi kan se, bidrar med max. 5 %. Det finns alltså någonting annat, nya, okända partiklar som jag kallar det här, som går in med 25 %. Av den vanliga materien så är ett par, tre procent sådant som verkligen syns. Det är alltså stjärnor, galaxer och litet sådant där. Och ett par 1- 2 % är neutriner eller det vi kallar för MACHOS och sådant som finns runt om galaxerna. Men dom där 25 % är ju fortfarande oförklarliga. Och vi vet alltså inte vad det är.

Vi har alltså landat i det här att vi hade för litet vanliga materia och för mycket annat för att det ska stämma med observationerna. Egentligen är ju problemet ännu värre än så här. På senare år, under de senaste 8 – 10 åren har man också lyckats visa med mera förfinade observationer så tyder nästan allting på att Ω faktiskt är = 1, väldigt nära 1. Man har kunnat visa att tidigt i universum så måste Ω ha varit i princip 1. Av skillnaden från avvikelserna från 1 minskar med tiden, så var den 1 för länge sedan så är den 1 nu också.

Ω som kommer från materia, både synlig och osynlig, synlig och mörk materia svarar mot ungefär 0,3. Så egentligen är det inte bara 25 % av den kritiska densiteten utan 95 % av den kritiska densiteten som vi saknar. Då är ju frågan: vad är den andra procenten för någonting? Det allra viktigaste som visade att det är någonting ”på tok” är att det till och med är så att expansionen accelererar. Den borde ju antingen avta eller vara konstant, därför den borde ju bromsas av materia som finns. Men det är alltså att den accelererar. Det kan inte förklaras av materia över huvud taget.

Bild: Ekvationen som står med blå bakgrund det är egentligen en sammanfattning av Einsteins relativitetsteori, den beskriver hur gravitationen fungerar kan man säga. Den högra termen, det är den del som kommer från materia och strålning. Den andra delen kommer från någonting som man kallar för vakuumenergi eller mörk energi, eller det som Einstein på sin tid kallade för ”den kosmologiska konstanten”. För att som jag nämnde, när Einstein höll på i början av 1900-talet så var han ju övertygad om att universum var statiskt, det förändrades inte. Han fick inte universum att bli stabilt, och då kastade han in den där termen. Så småningom när man upptäckte, 10 – 15 år senare att universum faktiskt expanderade, då tog han bort den där termen igen, och kallade också den som sitt livs största blunder. Men nu på de senaste tio åren har den fått en renässans, så nu är den tillbaka igen. Det som då är vakuumenergi. Den totala densiteten är dels densiteten som kommer från materien och den här vakuumenergins densitet.

Hur förändras balansen mellan strålningsenergi och materieenergi och vakuumenergi vart eftersom universum växer? Från materia så avtar den. Alltså om vi har en kub som har sidan 1 och sidan blir dubbelt så stor så sidan blir 2. Då är ju volymen från början $1 \times 1 \times 1$, d.v.s. 1 kubik någonting. När den har blivit dubbelt så stor i sidan är volymen $2 \times 2 \times 2$, d.v.s. 8. Den avtar med sidan i kub s.a.s. När någonting blir dubbelt så stort så blir den 8 gånger mindre.

För strålningsenergin är det ännu värre. Dels avtar energin på grund av rummets expansion, dels avtar den också genom att strålningen tänjs ut, så den avtar ännu snabbare. Men vakuumenergin den är ungefär konstant, den påverkas inte av rummets storlek. Det betyder följande: När universum växer, så avtar densiteten från materien väldigt snabbt. När universum blir dubbelt så stort blir densiteten 8 gånger mindre. Strålningstätheten avtar ännu snabbare. När universum blir dubbelt så stort så blir strålningstätheten 16 gånger mindre. Men vakuumenergin avtar inte alls, och den får då med tiden allt större betydelse. Om den var 1 från början, när materietätheten är $1/8$ och strålningstätheten $1/16$, från början var dom likvärdiga. Efter ganska kort tid så kommer vakuumenergin att dominera totalt.

Bild: Om vi tittar längst ned till höger kan vi se att när universum var ungt, alltså ungefär 13,7 miljarder år eller så, bidrog med ungefär 12 % av energitätheten, strålning med ungefär 15 %, neutriner, små partiklar med 10 % och mörk materia $2/3$. Men nu så bidrar materia med 4,6 %, strålning mellan 4 – 5 %, mörk materia med ungefär $1/4$ och mörk energi eller vakuumenergi med ungefär $3/4$. Så i dag domineras universums innehåll kan vi säga av vakuumenergi eller mörk energi. Och vad det egentligen är = ingen aning! Men effekten vet vi. Effekten blir att vart eftersom tiden går = den röda kurvan illustrerar det som vi tror gäller i dag att universums materietäthet, materia,

strålning, mörk materia är ungefär 30 % av den kritiska. Och den mörka energin är ungefär 70 % av den kritiska.

Just nu är vi i en brytningstid när universums expansion går från att bromsa in till att accelerera.

Den blå linjen innebär att om vi bara skulle ha materia + mörk materia. Det innebär att expansionen skulle fortsätta för evigt. Om vi bara hade materia och tätheten var lika med den kritiska = den gröna kurvan. Då avtar expansionshastigheten litet snabbare och efter oändligt lång tid så blir den 0, universum blir stabilt. Och så den gula kurvan d.v.s. så upphör universum så småningom genom kollaps. Just nu ser det ut som om vi lever på den ”röda kurvan”, vad det nu kan innebära. Universum kommer att expandera, exakt hur snabbt det går, alltså hur mycket det expanderar det vet vi ju inte riktigt säkert. Men grundprincipen är att expansionen kommer att tillta.

Sammanfattningsvis är det så här jag ungefär har sagt hittills:

Man börjar med en kvantfluktuation. Det blev någonting som började expandera. I början expanderade universum ofantligt snabbt = det kallas inflation.

Sedan får vi mikrovågsstrålning när universum blir genomskinligt efter drygt 300 000 år.

Sedan gick det en period när det var mörkt innan det kunde bildas stjärnor och galaxer. När dom väl började bildas har dom fortsatt med det, och sedan håller det på att expandera i ungefär 13,7 miljarder år.

Efter kanske 10 – 12 miljarder år kommer den mörka energin och tar överhanden och expansionen börjar accelerera igen från att ha bromsat ganska länge.

Så ungefär har det gått till tror vi!

Nu kommer vi till den väldigt intressanta frågan: Hur går det sedan då? Man brukar skilja på tre scenarior och utifrån det vi i dag tror så är det här dom troligaste:

- The Big Chill – den stora kylan. Den mörka energin är ungefär konstant, allting som håller emot, d.v.s. materieenergin, avtar med tiden vart eftersom som universum blir större. Allt fler galaxer kommer att försvinna bortom vår horisont. Vi kan inte längre se dom därför att universum expanderar så snabbt att ljuset åker ifrån oss i stället för mot oss. Vi kommer inte att kunna se dom. Det betyder att vår horisont, den del av universum som vi kommer att kunna se, blir allt snävare och till slut kan vi inte ens se våra egna fötter. Vi kan bara se vår närmaste omgivning. Vi får ett allt kallare, allt mörkare universum, som kommer att kännas jättetråkigt om det nu finns någon som kan känna något. Men det är ju frågan om tidsperspektiv på 10-tals miljarder år ska vi komma ihåg.
- The Big Rip – den stora sönderslitningen. Ett ännu tristare alternativ. Om den mörka energin blir ännu mer dominerande kommer allting att slitas sönder; galaxer, stjärnor, planeter, vi själva, atomerna till och med slits sönder. Den blir så dominerande att inte ens den starka kärnkraften kommer att kunna hålla ihop atomerna. Vi kommer ju

inte att finnas över huvud taget, men universum kommer att sluta som en soppa av fria kvarkar och fria elektroner och inget mer. Inte särskilt troligt men möjligen långt, långt in i framtiden, slutstadiet.

- The Big Crunch – den stora kollapsen. Det tror man inte alls på längre, men man trodde ganska länge att det kommer att sluta som en big crunch, d.v.s. då kände man inte till den mörka energin, man tänkte sig då att materien skulle räcka till för att så småningom stoppa upp expansionen och göra att universum kollapsade. Också kanske allting börjar om igen. Men ingen tror på det längre.

Så här tror vi att det gick till, så här tror vi att det är. Men kunde det ha varit på något annat sätt? Om man tittar på den materia som stjärnor, planeter, galaxer, vi själva, vår jord består av, så består den av materia som i sin tur består av partiklar. Mellan de här olika partiklarna så verkar en massa krafter. Dom krafterna förmedlas då av virtuella partiklar som det som en gång gav upphov till materien i universum.

Det finns **fyra** stycken centrala naturkrafter. Först och främst det vi kallar för den **starka kraften**. Den förmedlar en sorts partiklar som kallas för gluoner (efter engelskans glue = lim). Det är den som håller ihop atomkärnor. Den har väldigt kort räckvidd, och det är tur det för att om den skulle ha större räckvidd då skulle atomkärnor klumpa ihop sig och bli mycket större. Det fungerar rätt bra som det är med litet lagom stora atomkärnor. Den **svaga kraften** är nästa kraft som reglerar hur partiklar beter sig när dom kolliderar med varandra. Vilka partiklar som kan förvandlas till vilka andra partiklar, och hur dom kan övergå i varandra. Den **elektromagnetiska kraften**, som är den som håller ihop atomer, och den som gör att plus dras till minus och plus stöter bort plus och sånt. Och så har vi **gravitationskraften**, alltså tyngdkraften. Det är som fyra naturkrafterna.

Nu är det så märkligt och konstigt egentligen att det är massor av saker som kunde ha gått fel här. Till exempel kunde det ha blivit så att dom partiklarna som jag pratat om som omvandlade materia till antimateria och antimateria till materia, det fanns en liten obalans mellan dom som gjorde att det vi i dag kallar materia fick ett litet övertag, det blev litet grand kvar. Det kunde ju naturligtvis ha varit så att det aldrig hade uppstått en sådan obalans. All materia och all antimateria hade annihilat och det hade inte blivit något kvar. Då skulle det inte ha blivit några galaxer, det skulle inte ha blivit några stjärnor, det skulle inte ha blivit några planeter och det skulle inte ha blivit sådana som vi heller förstår. Så det kunde ha gått på tok.

Det kunde också ha varit så att den starka kraften som håller ihop atomkärnor, hade varit starkare än vad den faktiskt är. Då hade vi fått andra, större atomkärnor, kanske hade det blivit så att all materia i hela universum hade samlats i en enda stor, superatomkärna. Då hade det inte blivit några galaxer, inga stjärnor, inga planeter och inte vi.

Den kunde också ha varit svagare också förstås. Och då hade det aldrig kunnat bildas några andra atomkärnor eller det allra enklaste, d.v.s. väte som bara består av en enda proton. Inga andra atomer skulle ha kunnat bildas. Då hade det inte blivit några galaxer, inga stjärnor, inga planeter och inte vi.

Den elektromagnetiska kraften skulle ha kunnat vara svagare. Då skulle inga atomer kunna hålla samman. Då skulle det inte bli några galaxer, inga stjärnor, inga planeter och inga människor heller.

Den svaga kraften kunde ha varit svagare. Den som reglerar hur partiklar övergår i varandra och hur dom betar sig när dom kolliderar med varandra. Den svaga kraften är den som styr vad det är som sker när stjärnor dör. Och jag sa ju att alla tyngre ämnen, bildas i stjärnor = kol, kväve, syre, metaller, allt sådant bildas i exploderande och döende stjärnor. Det skulle då innebära att om den svaga kraften varit svagare, då skulle inte ha bildats några sådana ämnen. Då skulle det inte finnas några ämnen som bygger upp liv, alltså kol, kväve, syre, metaller. Och då skulle vi heller inte finnas.

Gravitationen kunde ha varit starkare. All materia hade i så fall kunnat samlas i en enda klump, och då hade inte blivit några galaxer, stjärnor, planeter eller vi. Eller den kunde ha varit svagare. Då hade all materia skingrats väldigt mycket snabbare. Det hade aldrig kunnat klumpa ihop sig till stjärnor och galaxer och planeter och vi.

Hur känsligt är det här? Om man räknar på det här kan man säga att oavsett om det gäller den starka, den svaga eller den elektromagnetiska kraften så är marginalen ett par procent åt vardera hållet. Hade det varit ett par procent starkare eller ett par procent svagare krafter då hade inte vi varit här.

Gravitationen vet vi inte riktigt. Trots att det kanske är den allra tydligaste kraften så är det också den som är minst känd kan vi säga. Vi förstår inte riktigt mekanismerna.

Det vi kan säga är att det verkar som om de här krafterna och styrkorna, hur dom samspelar med varandra, tycks vara väldigt väl avstämt för att sådana som vi ska kunna finnas. Kan det vara slumpen eller bara ren tur att det blev så? Kan det vara bara ren tur att det blev så? Eller var det så att det har funnits eller finns en skapare som såg till att det blev så? Eller är det så att det finns väldigt många universum? Om det finns tillräckligt många universum, säg att det finns oändligt många universum, håller man på tillräckligt länge så kommer man ju att lyckas åtminstone en gång. Det är så, framför allt skulle jag vilja säga, tanken om "multiversa", alltså många, många universum, har dykt upp. Sedan har ju den tanken utvecklats på många olika sätt, men det här är en väldigt stark grund för att börja fundera över: Kan det vara så att en sådan här kvantfluktuation någonstans i någonting uppträda en gång så kan den säkert uppträda flera gånger? Och det är klart att håller man på tillräckligt länge så vore det väl katten om man inte skulle lyckas till slut!

Ibland sammanfattar man det här med den antropiska principen. Den brukar man formulera på följande sätt: Universum ser ut som det gör för att vi finns. Om vi inte gjorde det, då skulle vi inte vara här och fundera över varför det gör det? Det ligger väldigt mycket i det här, för det är alldeles klart att vi kan ju bara existera i ett sådant universum där förhållandena är sådana att vi kan existera. Det blir som ett cirkelbevis, det säger sig självt att det måste vara så. Och nu råkar det vara så avstämt så att det faktiskt gör det möjligt för organismer såna som vi själva att finnas. Det är klart att då får man ju fundera länge om hur det här egentligen ska vara.

Här fanns utrymme till frågor. Frågorna uppfattades inte alla gånger så jag skriver bara svaren:

Fråga: Finns det något mer än det vi kan se? **Svar:**

Ja, förmodligen är det ju så att det vi kallar universum det är ju bara det vi kan se och iaktta. Det vi kan överblicka är ju bara en liten del av någonting som är ofantligt mycket större. Den horisonten, nu blir det ju litet besvärligt med den här mörka energin, men om vi bortser från den, så vidgas vår horisont hela tiden vart eftersom ljus från allt mer avlägsna föremål också hinner fram till oss eftersom tiden blir längre och längre.

Vårt universum kan ju i princip vara obegränsat, och då finns det ju inget bortom. Därför att om det inte avgränsas så finns det ingenting bortom heller. Men frågan kompliceras väldigt mycket. Om det nu är så att det finns flera universa, massor av universa, miljardmiljoners universa, var finns dom då? När man resonerar om sådana här tankar så gör man ofta det inom ramen för en sorts teori som kallas för supersträngteorin.

I vårt universum har vi tre rumsdimensioner och en tidsdimension. Vi har längd, bredd och höjd och tid som bara går och går. Men antalet dimensioner i ett superstränguniversum är mycket större. Det kan vara tio, eller det kan vara 27 eller det kan vara 54 eller någonting annat, ännu mera. Då skulle vårt universum tillsammans med kanske oändligt många andra universa finnas i hyperrymd, som har många fler dimensioner än vad vårt universum har. Och vårt universum är då bara en liten del i många avseenden av den här hyperrymden.

Säg att det finns tio dimensioner i hyperrymden och vi har lagt beslag på fyra av dem. Då kan det finnas hur många universa som helst som vi aldrig kommer att kunna bli medvetna om. För det räcker med att det skiljer sig i en enda dimension för att vi inte vi hade längd och bredd men ingen höjd, höjd finns inte. Och så finns det ett annat universum som också är tvådimensionellt, som ligger s.a.s. ovanför oss i den här hyperrymden, där också längd och bredd finns men inte höjd. Och eftersom inte höjd existerar i något av dessa universa så kan dom aldrig någonsin bli medvetna om det som skiljer i höjddled.

Har man då en 27-dimensionell hyperrymd, då ryms det en förfärlig massa universa som skiljer sig med en enda dimension från varandra. Fast dom egentligen kan vara på samma ställe, men dom kan aldrig bli medvetna om varandra.

Det här är ju en väldigt knepig fråga, men det direkta svaret på din fråga är att det finns förmodligen inget utanför det här för att vårt universum är obegränsat, och då existerar inte begreppet utanför. Däremot kan det mycket väl vara ändligt, d.v.s. att det innehåller en ändlig mängd materia. Men rumsmässigt är det obegränsat.

Fråga om bakgrundsstrålning. **Svar:** Skillnaden mellan dom mest intensiva och dom minst intensiva områdena ligger på någon tusendels promille ungefär. Det kan man förklara med att bakgrundsstrålningen inte bara är rest från Big Bang utan också från galaxhopar och sådant. Man försöker ju rensa bort kända galaxhopar, men det kan finnas okända galaxhopar som bidrar med de där små, små fluktuationerna som finns

kvar. Och dom är viktiga därför att det är dom som gör att kring dom fluktuationerna som vi bygger modeller för hur galaxhopar och galaxer uppstår. Så dom behövs för att skulle det vara absolut isotropt och homogent då skulle vi inte ha några galaxer, då skulle dom inte ha kunnat bildats. Det måste finnas små, små skillnader. Däremot är det ju isotropt därför att vi ser ingen skillnad på fluktuationerna däråt och däråt. Så isotropt är det men det är inte helt homogent.

Fråga: Är naturlagarna likadana överallt, är $1 + 1 = 2$ överallt? **Svar:** En bra fråga, man har ju många gånger under filosofins historia ställt frågan ”vem uppfann naturlagarna?” Vad vi kan förstå, vad vi kan se så verkar vår fysik fungera för att tolka observationer från alla dom objekt vi hittills har sett. Däremot så kan det ju vara så att dom inte är fullständiga, för vi vet ju inte vad den mörka materien är. Vi vet inte hur den uppträder, vi vet inte vad den gör s.a.s. annat än att den påverkar gravitationen. Och vi vet inte heller vad den mörka energin eller vakuumentenergin egentligen är för någonting.

Så uppenbarligen finns det ofullständigheter i de fysikaliska modeller som finns. Sedan vet vi ju att det finns ett annat problem, och det är att vi får inte riktigt ihop kvantfysik och relativitetsteori. Det verkar som om dom båda är approximationer i var sin ände av storleksskalan. Någonstans stämmer det alltså inte riktigt hundra, men det är ju en del av vetenskapen, det är inget konstigt med det att modeller förändras och förfinas, eller att man får komplettera vart eftersom det dyker upp nya saker. Så har det ju varit hela tiden.

Vi kan ju bara gå tillbaka till tidigt 1600-tal, sent 1500-tal då man började fundera över ”vad är det som styr hur planeterna rör sig?” Det var ju den stora frågan då. Det fanns ingen teori för gravitation då egentligen. Det var ju diskussioner, och faller alla föremål lika fort och vilken räckvidd har gravitationen och sådant. Det är ju sådant som utvecklas, och så får man komplettera med en teori som verkar fungera rätt så bra i sin ofullkomlighet. Den utvecklingen är säkert inte avstannat. Det finns ingen anledning att tro att det skulle vara slut på den utvecklingen. Men det vi kan se och försöker tolka, där tycks den fysik vi har i dag fungera ganska väl.

Fråga Kan vakuumentenergi delas av olika universa? **Svar:** Nej, det tror jag inte utan den är unik för varje universum i så fall.

Fråga: Kan det finnas en femte dimension som finns parallellt med oss? **Svar:** Ja, det skulle det kunna göra. Om det nu är så att vi lever i någon sorts mångdimensionell hyperrymd så är det naturligtvis så att vi har lagt beslag på fyra och ett annat universum har lagt beslag på fyra eller sju andra eller vad det nu kan vara, och att dom lever i princip parallellt, så kan det vara.

Fråga: Ljusets hastighet är konstant. När man anger det här med 300 miljardermiljoner år o.s.v. vad bygger man egentligen då på? **Svar:** Du menar alltså tiden. Man bygger på en modell för hur expansionen har gått till. Det man egentligen mäter det är rödförskjutningen, d.v.s. hur mycket har spektrum förskjutits. På det sättet så kan man då räkna ut utifrån den modell som man använder, vilket tidsspänn det motsvarar. Det gör ju att det blir ett cirkelbevis. Du måste ha en modell för att kunna avgöra en tid som

du sedan i sin tur använder för att verifiera att din modell var någorlunda korrekt. Vi pratar inte om en hypotes utan en teori.

När det gäller avståndet finns det någonting att mäta med? Avståndsskalan är ganska strikt, därför att den bygger vi i steg. Man börjar på ganska nära håll och då säger vi att en sådan där stjärna den kan vi bestämma avståndet med trigonometriska metoder, alltså geometriska metoder. Så säger vi att till den där stjärnan är avståndet känt, och så kan vi mäta hur ljusstark ser den ut att vara, och så kan vi då utifrån det kända avståndet räkna ut hur stark är den egentligen.

Ser vi då en likadan stjärna på litet större avstånd, och då kan vi säga att den stjärnan känner vi igen, den vet vi hur ljusstark den är, och då kan vi alltså säga att den måste befinna sig på det och det avståndet. Och så kan vi säga att den där stjärnan är litet ljusstarkare, vad är det för stort stjärna? Då får vi fram att den stjärnan har den och den egenskapen, och då kan vi använda den för att bygga till nästa steg. När vi har kommit dit kan vi säga: titta där är en sådan där stjärna som vi känner igen, och den vet vi vilka egenskaper den har och då kan vi på det sättet bestämma avståndet till den.

Men den befinner sig ju i en galax och då kan vi säga: titta en sådan där galax den tycks ha dom och dom egenskaperna. Och hela galaxer kan vi se på ännu längre avstånd, och då kan vi säga att titta där finns en sådan där galax som vi känner igen, och då kan vi använda det som en god avståndsindikator. Och på det sättet har vi byggt avståndsskalan steg för steg för steg. Så avståndsskalan skulle jag vilja säga den är känd.

När vi har byggt den på det här sättet då har vi kommit så långt så då kan vi börja använda universums expansion som mått på avståndet.

Det du nu har beskrivit gör att man kan konstatera att kunskapen ökar, och måste det då inte vara på så sätt att allt eftersom kunskapen ökar så justerar man det här med tiden också. Svar: Jo, det gör man säkert därför att Hubble när han publicerade sina mätningar 1927 så skulle universum vara 1,5 miljarder år gammalt, d.v.s. ungefär en tiondel av vad vi tror i dag. Vi har ju förfinat det här. Bara för 15 - 20 år sedan diskuterade man universum vara någonstans mellan 10-20 miljarder år.

Idag säger vi att vi vet att det är någonstans mellan 13,5 – 14. Det är klart att det kan bli mer exakt om det nu behövs. Det kanske ändå är så bra som vi kan komma, eller också kan vi komma mycket närmare, vad vet vi. Det var ju problem när Hubble gjorde sina mätningar, för geologerna hade ju tidsbestämt och daterat stenar på jorden, och det visade sig att då att de var äldre än hela universum, och det var ju inte så bra. Men i dag ryms alla jordiska formationer inom den tidsrymd som vi har för hela universum.

Fråga: Du sa ju nyss att det finns liv utanför universum är oändligt. **Svar:** Universum är *obegränsat*. **Fråga:** Samtidigt som det expanderar. Hur kan något obegränsat expandera? **Svar:** Jo, det kan det ju göra. Därför att universum självt definierar ju rummet. Det finns inte ens ett rum utan det är ju rummet självt som expanderar. Det är inte så att universum expanderar i ett befintligt rum. Utan universum är rummet.

Fråga: Krafterna som håller ihop atomerna och gravitationen som kan vara starkare och svagare. Vad är det för någonting? Vad består dom här krafterna av? **Svar:** Dom här krafterna är dom här förmedlarpartiklarna, dom virtuella partiklarna. Egenskapen hos kraften ligger egentligen i dom. Om vi bortser från gravitationen men när det gäller stark och svag och elektromagnetisk kraft så är det ju så att egenskaperna definieras av förmedlarpartiklarna på ett ganska intrikat sätt och på olika sätt.

Om vi tar den starka kraften så finns det olika sorts gluoner, man brukar säga att dom har olika färg, men det är naturligtvis inte färg i vår mening. Och dom talar då om att till exempel finns det två protoner som ligger i närheten av varandra då ska den starka kraftverkan mellan dom se ut på det här sättet. Tänk dig vanligt koksalt som är byggt av natrium- och kloridjoner, det får ju vissa egenskaper, det smakar på ett visst sätt och det binder på ett visst sätt, och det leder ström på ett visst sätt o.s.v. Allt det här ligger inbyggt i materiens struktur. Materien byggs ju av partiklar och det är dom här partiklarna som talar, definierar vilka egenskaper som ska höra till vilken typ av partiklar.

På samma sätt är det med dom här krafterna att det är dom här virtuella partiklarna som i sig har definitionen av hur dom här krafterna ska fungera. Till exempel så är den starka kraften alltid attraktiv, den kan bara dra saker och ting till sig medan den elektromagnetiska kraften ju både kan dra till sig och stöta bort beroende på hur laddningarna ligger. Det ligger förmedlat i dom här förmedlarpartiklarna i deras egenskaper.