

Teorier om universums uppkomst – en kritisk granskning

VETENSKAPEN GÖR ANSPRÅK PÅ SANNING. Men den bygger på vissa antaganden. Det ville positivismen aldrig medge. Vetenskapen har också andra begränsningar. Dess metod är endast lämpad för utforskning av vissa delar av tillvaron och av vissa aspekter av andra delar. Verktuget måste användas på rätt sätt. Denna artikel är ett försök att bedöma påståenden om världens begynnelse som i vår tid görs i vetenskapens namn och med sanningsanpråk.

INLEDNING

Partikelfysikern Leon Lederman, som tilldelades nobelpriset 1988 för upptäckten av myon-neutrinon (som är en elementarpartikel), summerar i inledningen till sin bok *The God Particle* sin syn på teorierna om universums uppkomst:

I begynnelsen var ett tomrum, en märklig form av vakuum, en intighet innehållande varken rum, tid, materia, ljus eller ljud. Ändå existerade naturlagarna och detta förbluffande tomrum innehöll potential, dvs. möjligheter. En berättelse börjar logiskt sett i början, men den här berättelsen handlar om universum och tyvärr finns det inga data när det gäller den allra första början – ingenting, noll. Vi vet ingenting om universum förrän det nått den mogna åldern av en biljontedels sekund, dvs. en ganska kort tid efter skapelsen genom Big Bang. När du läser eller hör någonting om universums födelse, så är det någon som berättar sagor – vi befinner oss då på filosofins domäner. Endast Gud vet vad som hände i begynnelsen.¹

TRE HYPOTESER

Varifrån kommer vårt universum? Varför har universum de mycket speciella egenskaper som är nödvändiga för att liv ska kunna existera? Det finns i princip tre olika möjliga hypoteser, som i någon mån försöker besvara dessa frågor:

1. Den STATISKA. Universum har ingen början och inget slut i tiden. Universum har alltid funnits och kommer alltid att finnas. Utifrån denna hypotes behövs, menar man, ingen teori för att förklara hur universum uppkommit. Personligen anser jag att detta är att sopa problemen under mattan. Även om nu universum *alltid* existerat så återstår i alla fall den synnerligen berättigade frågan *varför* det existerar. Och något svar på den frågan har inte den statiska teorin.

2. Den CYKLISKA. Enligt denna hypotes sker visserligen en utveckling men den är cyklisk. Efter en viss tid är universum tillbaka i sitt ursprungstillstånd och därefter börjar allting om igen från början.

3. BIG BANG-hypotesen² eller DEN STORA SMÄLLEN. Ursprungligen fanns enligt denna hypotes hela universum koncentrerat i en infinitesimalt (oändligt) liten punkt i ett tillstånd av oerhört högt tryck och hög temperatur. I en enorm, explosionsliknande process (Big bang) började denna oerhört koncentrerade energiboll att expandera med mycket stor hastighet. Observationer tyder på att expansionen av universum pågår än i dag. Någon godtagbar ve-

*Endast Gud
vet vad som
hände i
begynnelsen*

LEDERMAN

tenskaplig förklaring till hur den ursprungliga, punktformade energikoncentrationen uppstått har man inte kunnat ge. Big bang-teorin utgör således ingen komplett förklaring till alltings ursprung.

Den ursprungliga Big bang-modellen har under senare år modifierats avsevärt men utrymmet här tillåter inte att gå in på några detaljer.

"FÖRE" BIG BANG

Innan Big bang-teorin gjorde sin entré menade många ateister att universum alltid har funnits. På så sätt ansåg man sig slippa problemet med att förklara hur universum kunnat uppkomma ur ingenting. Detta *statiska scenario*, som omfattats av många filosofer och tänkare under tidens lopp, fick sin första vetenskapliga formulering när Hermann Bondi, Fred Hoyle och Thomas Gold 1948 publicerade den *statiska teorin för universum* (Steady State Theory of the Universe). Enligt deras scenario har universum alltid existerat men expanderar hela tiden genom att materia kontinuerligt nyskapas. Trots att det utvidgas (vilket våra observationer tyder på), antas universums densitet vara konstant på grund av att materia skapas i exakt rätt takt för att motverka den uttunning som annars skulle ske på grund av expansionen. Bondi och de andra visade att det räckte med att det i varje kubikmeter bildas en ny atom på tio miljarder år, vilket är för litet för att kunna observeras. Universum har således, enligt detta scenario, ingen början i tiden – det har alltid expanderat och kommer alltid att expandera med samma konstanta hastighet. Det finns övertygande observationsgrundade indicier som talar emot ett statiskt universum och få forskare ansluter sig idag till denna teori.

David Hilbert, 1900-talets kanske främste matematiker, hade ett logiskt/filosofiskt argument mot ett statiskt, dvs. evigt universum. Han menade att alla oändligheter leder till

paradoxer. Ett enkelt exempel på en sådan paradox är att man inom matematiken kan bevisa att det finns *exakt* lika många hela tal som det finns bråk ($1/4$ etc.), trots att det mellan varje par av heltal finns oändligt många bråk. Detta märkliga och paradoxala resultat är en konsekvens av att det både existerar oändligt många hela tal och oändligt många bråk. I matematikens abstrakta värld kan paradoxer möjligen accepteras, men definitivt inte i den fysiska verkligheten. Ett universum som är oändligt i rum och/eller tid, skulle enligt Hilbert bli så paradoxalt att det är svårt att förstå hur liv skulle kunna existera där.

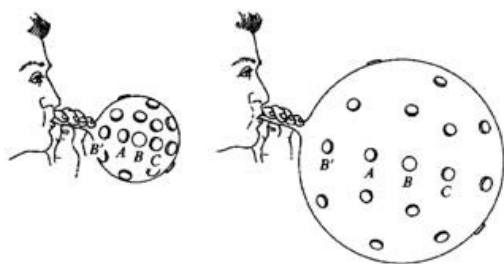
Det *cykliska scenariot* är vanligt förekommande i olika österländska religioner. Det finns också varianter av Big bang som kan klassificeras som cykliska. Om vissa förutsättningar är uppfyllda, så kommer nämligen enligt Big bang-scenariot universums expansion att upphöra för att övergå i en sammandragning. Så småningom drar universum ihop sig igen till en punkt. Det senare brukar kallas *the Big Crunch*. Sedan börjar allt om igen med ett nytt Big bang etc. Universum kommer således att pendla mellan perioder av expansion, då liv utvecklas och perioder av kontraktion då livet dör ut.

BIG BANG

*Big bang-teorin*³ formulerades ursprungligen av den belgiske prästen abbé George Lemaître, som också var en framstående fysiker och expert på allmän relativitetsteori. Denne föreslog 1927 att universum från början varit koncentrerat i en enda matematisk punkt⁴ som började expandera utåt efter en explosionsliknande process. Lemaître menade sig finna en överensstämmelse mellan detta scenario och Bibelns skapelseberättelse. Båda talar ju om ett universum som har en början i tiden.

Historien bakom själva namnet "Big Bang" är ganska lustig. Fred Hoyle, som var en av hjärnorna bakom den statiska teorin (punkt 1

ovan), var mycket kritisk mot Big bang-scenariot. Han grälade till exempel ständigt med George Gamow, vars teorier för stjärnornas inre strukturer starkt stödde Lemaîtres teori. I ett radioprogram på 1940-talet kallade Hoyle nedlåtande den nya teorin för "that silly big bang". Och vips hade Lemaîtres teori fått sitt namn.



En tvådimensionell modell av universums expansion. Galaxerna motsvaras av 50-öringar som klistrats på en ballong. Expansionen sker genom att ballongen blåses upp, vilket svarar mot rummets utvidgning. Varje observatör i detta "universum" kommer att observera hur alla galaxer avlägsnar sig från honom. Ju mer avlägsen en galax är, desto snabbare rör den sig bort från observatören (desto större rödförskjutning⁵). Universums expansion beror således inte på galaxernas rörelser i universum utan på att själva universum – rummet – utvidgar sig. (Se även fotnot 9.)

MISSUPPFATTNINGAR

Låt mig allra först eliminera ett mycket vanligt missförstånd när det gäller Big bang. De flesta icke-fysiker tolkar Big bang-teorin som att det ursprungligen fanns ett oändligt tomrum. I detta tomrum tickade tiden fram med samma hastighet som idag. Plötsligt uppstod en punktliknande bildning bestående av oerhört koncentrerad energi, vilken började utvidga sig med stor hastighet. Detta är emellertid inte alls vad Big bang-teorin säger. Vad den säger är i stället att ursprungligen fanns ingenting, inte ens ett tomrum. Inte heller tiden existerade. Och förmodligen inte ens naturlagarna.⁶ Att fråga sig vad som fanns före den stora smällen är med andra ord helt meningslöst. Under alla förhållanden så är det en fråga som saknar vetenskapligt svar.⁷

Det är intressant att notera att den store judiske rabbinen och läkaren Nachmanides, som levde i 1200-talets Spanien, under sina studier av Första Mosebok, drog slutsatsen att "på Dag Ett skapades tiden". Detta kom han fram till genom de verbformer som förekommer i de första verserna i skapelseberättelsen.

En annan vanlig missuppfattning är att universums expansion är liktydig med att den materia och energi som finns i universum expanderar, dvs. att det handlar om rörelse. Detta är också fel. Enligt standardformuleringen av Big bang-teorin så är det hela rummet (egentligen rum – tiden) som expanderar, vilket bland annat får galaxerna att avlägsna sig från varandra. Universums expansion innebär således inte att galaxerna rör sig i förhållande till rummet, utan att själva rummet (och tiden), tillsammans med sitt materiella innehåll, expanderar (se figuren till vänster).

De som till en början var emot Big bang-teorin var faktiskt ateisterna eftersom teorin precis som Bibeln hävdade att universum har en begynnelse. Teorin sade således inte vad de ville höra. (Evolutionsteorin däremot accepterades fullt ut på några få år trots att det till en början saknades bevis⁸ – i detta fall har vi tydligen en teori som sade precis det som ateisterna ville höra.) Det dröjde ända in på 1960-talet innan Big bang-teorin allmänt började accepteras. Bevisen för Big bang var då allt för starka för att negligeras.

STÖD FÖR BIG BANG

Big bang-teorin gör nämligen vissa förutsägelser. Dessa har bekräftats genom faktiska observationer. Bekräftelsen av vissa förutsägelser utgör ett starkt stöd för teorin. De tre viktigaste är följande:

1. *En rödförskjutning* av det ljus som sänds ut från avlägsna galaxer. Då man observerar ljuset från galaxer lägger man märke till att det nästan alltid är förskjutet mot rött. Ju mer avläg-

sen en galax är, desto större verkar rödförskjutningen vara, vilket är helt i enlighet med figuren ovan (s. 7).⁹ Det finns ett direkt samband mellan rödförskjutning och avstånd, vilket används för att bestämma avståndet till avlägsna galaxer.¹⁰ Man mäter således deras rödförskjutning och räknar sedan fram avståndet.

Den allmänt accepterade tolkningen är att rödförskjutningen är en konsekvens av galaxernas "rörelser" relativt oss (på grund av rum – tidens expansion). Ju snabbare en galax avlägsnar sig från jorden, desto större blir rödförskjutningen. Skulle rörelsen i stället vara riktad mot oss får vi en blåförskjutning. Det senare har observerats hos ett fåtal galaxer.

Den kosmologiska rödförskjutningen påminner till sin natur om den mer kända *dopplereffekten*, vilken gäller för både ljud och ljus. När till exempel en ambulans är på väg mot oss verkar sirenen ha högre frekvens än när ambulansen är på väg bort från oss. Precis när den passerar hör man tydligt hur tonhöjden sjunker. Den kosmologiska rödförskjutningen har emellertid sin förklaring i helt andra mekanismer än dopplereffekten, och är i själva verket en direkt konsekvens av rum – tidens expansion, vilken gör att det utsända ljusets våglängd ökar med tiden.

2. *En kosmisk bakgrundsstrålning* (upptäcktes 1965). Denna strålning anses härröra från själva "urexplosionen". Det rör sig om en värme-strålning på cirka 3 kelvin (-270°C , dvs. tre grader över absoluta nollpunkten, -273°C) som verkar vara homogent fördelad i den intergalaktiska rymden. Det är visserligen en blygsam temperatur, men den innebär i själva verket att det som ett minne av Big bang finns cirka 400 miljoner fotoner per kubikmeter i "tomma rymden". Denna strålning är en rest av den oerhörda hetta som rådde under universums första sekunder. Genom beräkningar, baserade på den nuvarande kosmiska bakgrundsstrålningen, menar man att temperaturen i

universum en sekund efter Big bang var ca tio miljarder grader!

3. *Heliumförekomsten i universum*. Enligt Big bang-teorin bör den genomsnittliga mängden helium i universum vara någonstans runt 25 procent. Mätningar ger vid handen att den är ca 23–25 procent, vilket således stämmer bra överens med det teoretiska värdet.

Det är viktigt att inse att ovanstående "bevis" för Big bang bygger på tolkningar av de observerade fenomenen. Många läroböcker verkar ha svårt att göra det. I *Modern Fysik* av Adolfsson, Jakobsson och Ohlén, utgiven på Gleerups 1995, påstår man till exempel att en av de viktiga observationer "som ligger till grund för modellen [Big bang] är [att] universum expanderar"¹¹. Men universums expansion är ingen observation. Det man observerar är rödförskjutningen.

ALTERNATIVA FÖRKLARINGAR TILL "BEVISEN"

Universums expansion är en möjlig tolkning av denna observation. Det finns andra möjligheter att förklara rödförskjutningen. Den vanligaste brukar gå under namnet "det trötta ljuset" och går ut på att fotonerna¹² under sin väg genom rymden långsamt läcker energi till sin omgivning. Enligt kvantmekaniken kommer deras färg då att förskjutas mot rött. Ju större avstånd från oss en galax befinner sig på, desto mer rödförskjutet blir ljuset från den, eftersom fotonerna varit på väg längre tid än om de kommit från en mer närliggande galax. Även i detta fall kommer rödförskjutningen att bli proportionell mot avståndet.

De flesta forskare har avfärdat teorin om "det trötta ljuset", eftersom man menar att oberoende av genom vilken mekanism fotonerna förlorar sin energi, så måste detta få observerbara konsekvenser. Om fotonerna tappas energi, till exempel genom att växelverka med de partiklar (elektroner, protoner etc.) som trots allt finns i "tomma rymden", skulle detta orsaka

*Att många observationer talar för
Big bang-teorin innebär inget argument
mot existensen av en Skapare*

att avlägsna stjärnor såg ut som små skivor i stället för punkter. Något sådant har inte observerats. På liknande sätt har man ansett sig kunna utesluta andra tänkbara mekanismer.

Även den kosmiska bakgrundsstrålningen kan förklaras på alternativa sätt. Max Born, en av kvantmekanikens mest framstående auktoriteter, publicerade 1954 två avhandlingar i vilka han diskuterade möjligheten av en ännu okänd mekanism bakom "det trötta ljuset". Born förutsade – som en konsekvens av fotonernas energiförluster – existensen av en bakgrundsstrålning på cirka 2 kelvin, samt att denna borde kunna upptäckas av de vid den tiden nyutvecklade radioteleskopen¹³.

Både rödförskjutning och bakgrundsstrålning kan således förklaras på flera olika sätt och utgör inte absolut bindande bevis för Big bang-teorin.

"INHOMOGENITETERNA" I UNIVERSUM

Något som Big bang-teorin hittills misslyckats med att förklara är "inhomogeniteterna" i universum, dvs. att materian inte är jämnt fördelad utan förekommer i "klumpar" i form av stjärnor, planeter, galaxer och galaxhopar. Om all energi¹⁴ från början var homogent fördelad borde materia och energi också idag vara homogent fördelad, vilket de definitivt inte är. Noggranna satellitmätningar som gjorts under senare år har dessutom registrerat smärre inhomogeniteter i bakgrundsstrålningen. Dessa inhomogeniteter tycks vara precis vad som behövs för att ge förutsättningar för existensen av ett universum med den rätta strukturen för att liv skall kunna existera.¹⁵ George Smoot, no-

belpristagare i fysik 2006 (som fick priset för sina banbrytande studier av bakgrundsstrålningens inhomogeniteter) sade i en intervju i SVT i samband med prisutdelningen att man i den kosmiska bakgrundsstrålningen ser "Skaparens fingeravtryck". Någon förklaring till varför inhomogeniteterna blivit precis lagom stora för att universum ska tillåta liv, kan inte Big bang-teorin i sin nuvarande utformning ge. Kanske George Smoot har en poäng här?!

KONSTANTERNA

Inom fysiken förekommer många viktiga konstanter, den elektriska elementarladdningen, ljushastigheten i vakuum m.fl.¹⁶ Tre speciellt viktiga konstanter är enhetslösa (dvs. har ingen enhet), finstrukturkonstanten¹⁷, gravitationsstrukturkonstanten¹⁸ och massförhållandet elektron/proton¹⁹. Universums egenskaper bestäms till stor del av dessa tre konstanter. Vi vet inte varför de har just de värden de har. Där emot vet vi att om dessa värden vore annorlunda, skulle universum vara mycket annorlunda. Om till exempel finstrukturkonstantens värde var omkring en procent större eller mindre än vad det är, skulle stjärnornas struktur skilja sig dramatiskt från den struktur de har idag. I själva verket finns det all anledning att tro att vi i så fall inte skulle vara här för att diskutera saken.

Men inte bara dessa konstanter värden har "råkat" bli de rätta. Vore den starka kraften (som håller ihop atomkärnan) fem procent starkare, skulle stjärnorna inte kunna brinna och vore den två procent svagare, skulle universum enbart bestå av vätgas och inget annat. Om

Tron på en
Skapare
kan knappast
betraktas
som en
oförnuftig
tro!

neutronens massa vore 0,2 procent mindre än vad den är, skulle alla fria protoner sönderfalla till neutroner och inga atomer existera, etc., etc. Kort sagt, om någon eller några av naturkonstanterna hade värden som bara obetydligt skilde sig från de faktiska värdena, skulle inget liv kunna existera i universum. Frågan är nu: *varför* har dessa konstanter råkat få just de rätta värdena? Ateisten tvingas till en mycket långsökt förklaring, som ibland går under namnet den *starka antropiska principen* (SAP):

Om den totala helheten består av ett oändligt antal slumpmässiga universum, eller ett enda enormt superuniversum, i vilka eller vilket alla olika möjliga kombinationer av naturkonstanter etc. fullständigt uttöms, kommer varje möjlig kombination att existera någonstans.

Det är endast i sådana universum, eller i de delar av ett superuniversum, där naturkonstanterna har de rätta värdena, som det finns någon som kan ställa sig frågan *varför* naturkonstanterna har just dessa värden.

Precis som när det gällde det statiska universumet introduceras här oändligheter, med allt vad detta innebär av paradoxer. Dessutom hamnar ateisten i ett kontradiktoriskt dilemma. För att "bli av med Gud", som man inte kan acceptera, eftersom Gud inte kan observeras med vetenskapens instrument, tvingas man postulera existensen av ett oändligt antal universum, alternativt ett oändligt superuniversum, vilka inte heller går att observera med vetenskapens instrument. Det är tydligt att man här har dubbla standarder. När det passar tycks man kunna acceptera existensen av icke observerbara entiteter. Det är också tydligt att det inte är så lätt att "bli av med Gud" med hedern i behåll.

Att många observationer talar för Big bang-teorin innebär inget argument mot existensen av en Skapare. Tvärtom! Teorins upphovsman, George Lemaître, var ju själv präst och menade

att det scenario som målas upp i Bibelns skapelseberättelse stämde väl överens med Big bang-scenariot. Han menade att den vetenskapliga teorin förklarar *hur* Gud gått tillväga (mekanismerna), medan Bibeln beskriver *varför* Gud skapat (meningen).

TEORINS VERKLIGA SVAGHET

Den största svagheten hos Big bang-teorin är att den inte kan förklara *varifrån* den ursprungliga koncentrerade energipunkten kom. När det gäller den biologiska evolutionen är problemet att förklara hur slump och blinda naturlagar kunde skapa alltmer komplexa och avancerade organismer, medan den biokemiska evolutionens dilemma är att på ett trovärdigt sätt visa hur liv, utan en styrande intelligens, kan uppkomma ur död materia. Dessa båda problem verkar obetydliga jämfört med problemet att förklara hur någonting kan uppkomma ur ingenting. Enligt vår erfarenhet har allting som sker en orsak. Hur kan då ingenting orsaka att någonting blir till? Kausaliteten (orsak och verkan) är en av vetenskapens hörnstenar, vilken här tycks satt ur spel.

Idag finns modeller som gör anspråk på att förklara universums utveckling från ungefär 10^{-43} sekunder efter Big bang. Före denna tidpunkt bryter naturlagarna och därmed alla modeller samman i ett enda stort frågetecken. De flesta kosmologer verkar vara överens om att vi förmodligen aldrig kommer att få ett fullständigt svar på vad som hände före den stora smällen. Astronomen John Barrow skriver, då han sammanfattar sin bok *Theories of Everything*, angående fenomen som ligger utanför vetenskapens möjligheter att förklara:

[Sådana] utesluts ofta från diskussionen med motiveringen att de inte är "vetenskapliga" – ett svar som påminner om den ökände mästaren från Balliol, om vilken det sades att "vad han inte känner till, det är inte kunskap".²⁰

Astronomen Peter Nilsson skrev 1992 följande i *Svenska Dagbladet*:

Vi vet idag att universum fungerar som om det vore konstruerat på det mest sinnrika och avsiktliga vis – som om universum vore frambringat av en intelligent, övermänsklig, allvetande skapare. Fysikens och kosmologins utveckling under de senaste åren har bara förstärkt detta intryck.²¹

Längre än så kommer inte vetenskapen. Huruvida universum verkligen är frambringat av en intelligent skapare eller inte, är ytterst sett en trosfråga. Ovanstående visar dock mycket klart att tron på en Skapare knappast kan betraktas som en blind eller oförnuftig tro!

Krister Renard

Gymnasielärare i fysik och författare, Uppsala

www.gluefox.com

- 1 Lederman/Teresi, *The God Particle*, Bantam Doubleday Dell 1994.
- 2 Många filosofer betraktar Big bang mer som ett scenario än som en vetenskaplig teori.
- 3 Det finns enligt vetenskapsfilosofen Karl Popper ingen skarp skillnad mellan teori och hypotes. Big bang-teorin förutsäger vissa saker, varav de flesta har observerats. Detta gör att man kan klassa den som en teori. Sedan gäller för alla ursprungsteorier att de kanske snarare är hypoteser än teorier med tanke på att man inte kan göra upprepbara experiment. Teorier behöver inte vara sanna. Detsamma gäller för hypoteser.
- 4 En matematisk punkt har ingen utsträckning. Dess diameter är noll! Kallas också "singularitet".
- 5 Ljuset från galaxer är nästan alltid förskjutet mot rött. Fenomenet kallas rödförskjutning. Se mer härom s. 7–8.
- 6 Naturlagarna är ju inte lagar i vanlig mening, vilka de olika objekten i universum tvingas följa. I stället kan man säga att dessa lagar utgör en sammanfattning av olika partiklars etc. egenskaper. Att tala om naturlagar i samband med ett "universum" bestående av absolut ingenting, inte ens ett tomrum, ter sig därför ganska motsägelsefullt.
- 7 Enligt vissa modeller uppstod universum på grund av "vibrationer" i ett postulerat "subvakuum". Detta utgör inte någon slutgiltig förklaring eftersom vi då står inför en ny fråga: Varifrån kommer subvakuemet?
- 8 Någon kanske undrar om det finns bevis idag? Visst finns det bevis för att det pågår en evolution idag. Från början fanns inga bevis överhuvudtaget. Däremot kan man diskutera hur stora förändringar denna evolution kan åstadkomma. Att bakterier kan bli resistenta mot antibiotika eller att nya arter kan uppkomma bevisar inte att bakterier kan bli människor.
- 9 Om galaxen B rör sig bort från galaxen A med hastigheten v , och galaxen C i sin tur rör sig bort från B med samma hastighet och i samma riktning som B, så måste uppenbarligen C avlägsna sig från A med hastigheten $2v$ (dubbla hastigheten). Ju större avstånd desto större relativ hastighet. Se figuren, s. 7.
- 10 Detta samband har man kommit fram till genom att jämföra avstånd och rödförskjutning hos galaxer som ligger så nära att man kunnat mäta deras avstånd med andra metoder. Sedan generaliserar man detta och antar att sambandet gäller för alla galaxer, oavsett avstånd. Här kan naturligtvis stora osäkerhe-

ter smyga sig in och man har flera gånger tvingats revidera den astronomiska avståndsskalan.

- 11 A. a. s. 259
- 12 Fotoner är ljuspartiklar. Ljuset sänds ut som vågpartiklar, vilka kallas fotoner.
- 13 Walter de Gruyter, *Possible Worlds in Humanities, Arts and Sciences*, Berlin, 1989, s. 422.
- 14 Enligt relativitetsteorin finns ett samband mellan energi och materia, den berömda formeln $E = mc^2$. Materia kan övergå till energi och tvärtom. Från början existerade endast energi i form av fotoner. Men så småningom, när universum utvidgades och svalnade, så bildades först elementarpartiklar och sedan atomer.
- 15 Om universum hade varit helt homogent från början, hade det idag varit ett stort vätgasmoln, utan några klumpar i form av planeter, stjärnor etc. Det är svårt att förstå hur liv, i någon form vi kan föreställa oss det, skulle kunna existera i ett sådant universum. Hade universum varit för inhomogent från början, hade universum bestått av betydligt större klumpar än idag, med motsvarande problem för livet. En alltför stor planet får en enorm hetta (som Jupiter, vilken hade varit en sol om den varit lite större) och dessutom en enorm gravitation. Det är svårt att föreställa sig hur liv skulle kunna uppstå och existera i en sådan miljö. Det var alltså en väldig "tur" att universum var lagom inhomogent från början (varken för mycket eller för lite). Smoots upptäckt har visat att inhomogeniteterna var precis lagom stora för att vi skulle få ett universum som kan hysa liv.
- 16 En konstant är en storhet som inte varierar och som anger någon viktig egenskap i naturen.
- 17 Finstrukturkonstanten är ett mått på den elektromagnetiska kraftens styrka.
- 18 Gravitationsstrukturkonstanten är ett mått på gravitationskraftens styrka.
- 19 Att den sista saknar enhet är enkelt att inse eftersom kg delat med kg "tar ut varandra" varvid kvoten blir enhetslös. Denna konstant visar bara hur mycket mindre en elektron väger jämfört med en proton.
- 20 John Barrow, *Theories of Everything*, Vintage, London, 1988, s. 207.
- 21 *Svenska Dagbladet* 15/9 1992.