

Antistofteorien.

Big Bang har længe været en anerkendt teori om universets skabelse. Den har imidlertid mange mangler. Da universet tilsyneladende kun indeholder masser der tiltrækker hinanden er det svært at forklare universets udvidelse. Derfor indføres en teoretisk konstruktion, inflation som tænkes iværksat af en uhyre stærk frastødende kosmologisk konstant Λ (lambda). Λ begynder at virke når universet har en radius på ca. 10^{-27} m og skaber i løbet af ca. 10^{-34} sek hele universet. Big Bang teorien hævder at der i universet næsten udelukkende findes partikler, skønt vi ved fra acceleratorforsøg at partikler og antipartikler altid skabes samtidigt. Universet er ikke ensartet og Big Bang kan ikke forklare den struktur universet har. Den har ikke nogen overbevisende forklaring på galaksernes skabelse, hvorfor de er flade og den måde de roterer på. Den kan ikke forklare de enorme energier der udsendes fra kvasarer og gammaglimt. Den kan kun forklare den måde universet udvider sig på ved at indføre en mystisk mørk energi. Derfor vil jeg opstille en helt anden teori om universets skabelse. Den kalder jeg antistofteorien fordi den tager udgangspunkt i at der skabes lige meget stof og antistof. Det viser sig, at antistofteorien løser alle de nævnte problemer ved Big Bang teorien.

Enkelte forskere har overvejet tilstedeværelsen af antistof i universet. Allerede i 1898 skrev Arthur Schuster: "Astronomi, the oldest and yet most juvenile of the sciences, may still have some surprises in store. May antimatter be commended to its care!". Nogle forskere har afvist eksistensen af antistof, fordi der ikke i universet er tegn på den voldsomme stråling som udsendes ved annihilation. Denne indvending er blevet tilbagevist.

Svarende til enhver elementarpartikel findes der en antipartikel. Den elektrisk negative elektron har en elektrisk positiv antipartikel, positronen. Protonen har en antiproton, neutronen en antineutron o.s.v. Antipartiklerne findes ikke i naturen, og hvis de var der, ville de hurtigt annihilere ved at forenes med deres partikel under frigørelse af energi. Da antipartikler kun findes kortvarigt i laboratorier har man ikke kunnet undersøge hvordan gravitationskraften virker på antipartikler. Fra eksperimenter med antiprotoner i accelerators ved vi, at antiprotonen har samme træge masse som protonen. Men vi kender ikke antiprotonens tunge masse. Partiklers tunge masse er et udtryk for om de påvirkes af andre partikler med gravitationskræfter. Elektronen har en træg masse men ingen tung masse.

Ifølge antistofteorien er det intergalaktiske rum opfyldt af en gas der hovedsageligt består af antibrintmolekyler. Den er usynlig ligesom tør atmosfærisk luft. Massetætheden er meget lav men den samlede masse er den samme som massen af galakserne. Eksistensen af dette antistof er bekræftet af observationer af højenergetiske positroner som kommer fra det intergalaktiske rum. Det er sket med AMS (Alpha Magnetic Spectrometer) på ISS (International Space Station). Disse positroner må være slået løs fra antibrintmolekyler. Der er også observeret antiprotoner som synes at komme fra det intergalaktiske rum.

I denne undersøgelse vil jeg antage, at gravitationskraften mellem antipartikler

og partikler er frastødende og vi kan kalde den frastødende kraft antigravitation. Denne antagelse er grundlaget for min teori om universets skabelse. Jeg vil antage at gravitationen mellem to antipartikler er tiltrækkende og af samme størrelse som gravitationen mellem to partikler. Jeg vil også antage at antigravitationen har samme numeriske størrelse som gravitationen for partikler med de samme masser. Denne antagelse er dog ikke afgørende og teorien kan tilpasses hvis f.eks. antigravitationen er større end gravitationen. Jeg antager endvidere at antigravitation ligesom gravitationen er omvendt proportional med kvadratet på afstanden mellem partiklerne. Kosmologerne har ikke kunnet forklare hvorfor der er dannet så meget stof og ikke noget antistof i universet. Her vil jeg antage, at der oprindeligt er dannet lige meget stof og antistof.

Ursuppe

Den sædvanlige teori er at universet er skabt ved et Big Bang, der startede med et lille punkt. Jeg vil i stedet foreslå at starten var en ursuppe. Hvordan denne suppe er opstået vil jeg ikke spekulere over nu, men vi kan i hvert fald glemme alt om Big Bang. Vi kan ikke genskabe en ursuppe og kender derfor ikke helt dens egenskaber. Det nærmeste vi kommer er forholdene inde i atomkerner som kan betragtes som meget små suppedråber. De undersøges ved kollisionforsøg med store energier hvorved der dannes hurtige frie partikler som forlader den lille suppedråbe. Forholdene er helt anderledes i den enormt store ursuppe, som partikler ikke kan forlade. I Big Bang teorien opererer man også med en suppe med temperatur 10^{22} K der eksisterer når universet har en alder på 10^{-23} sek, hvorefter suppen eksploderer og opløses i partikler. Den ursuppe vi taler om i antistofteorien eksisterer i meget lang tid og har en meget lavere temperatur.

Vi ved nu at suppen består af kvarker. Ved kollisionforsøg har man vist eksistensen af 6 forskellige kvarker og deres tilhørende antikvarker. De har alle et bestemt energiindhold. De letteste er u ("up") og antikvarken \bar{u} med energier ca 2 MeV samt d ("down") og \bar{d} med energier ca 5 MeV. Overstregning betegner antipartikler. Alle kvarkerne er kvantemekaniske felter der gennemtrænger hinanden. En kvark og dens antikvark befinder sig som regel på samme sted og er bundet sammen af stærke kræfter. Parret kaldes en gluon og suppen kaldes en gluonsuppe. Gluonerne er også bundet sammen med stærke kræfter, der virker på kort afstand som en slags lim. Med tilførsel af energi kan de to kvarker i en gluon have held til at blive skilt og bevæge sig i modsat retning og det kaldes pardannelse. De vil imidlertid straks finde en ny partner og sammen med denne danne en ny gluon. Det kaldes annihilation. Pardannelse og annihilation vil dog sikre en diffusion af energi i suppen. Derfor må suppen have været i ligevægt med ensartet sammensætning, temperatur og tryk.

Kvarker kan ikke frigøre sig fra gluonsuppen og eksistere frit, men der er den mulighed at to kvarker samtidig bliver adskilt fra deres antikvarker. For eksempel kan der dannes en positiv pion ($u \bar{d}$) og en negativ pion ($d \bar{u}$). Pionens energi er 140 MeV, medens de to kvarker tilsammen har energien $2 + 5$

= 7 MeV. Resten af pionens energi 133 MeV udgøres af gluoner, der holder sammen på de to kvarker. Pionerne er ustabile partikler både ved kollisionsforsøg og i suppen. De kan bevæge sig gennem gluonsuppen men vil dog ret hurtigt møde en antipion eller to relevante kvarker, der kan annihilere med pionens kvarker.

Der er imidlertid stabile partikler bestående af tre kvarker som er stærkt bundet til hinanden med gluoner. Det er neutroner ($u d d$), antineutroner ($\bar{u} \bar{d} \bar{d}$), protoner ($u u d$) og antiprotoner ($\bar{u} \bar{u} \bar{d}$). Disse nukleoner har en vis levetid såvel i atomkernernes suppe som ved kollisionsforsøg formentlig fordi kræfter udefra ikke magter at bryde bindingerne mellem de tre kvarker. Neutronens energi er 940 MeV medens de tre kvarker tilsammen har energien $2+5+5 = 12$ MeV. Resten udgøres af gluoner. En nukleon kan dannes af de tre kvarker. Men på samme tid og sted må en antinukleon blive dannet af de tre antikvarker. Den dannede nukleon bevæger sig i en tilfældig retning og antinukleonen bevæger sig i modsat retning idet de frastøder hinanden.

Vi kan skønne over temperaturen af ursuppen. Den energi der kræves til at danne et par frie neutroner er $2 \cdot 940$ MeV. Men hvis alle gluoner i suppen havde denne energi i middel havde denne energi ville alle suppens gluoner danne frie partikler og suppen ville blive opløst. Den energi der kræves for at danne kvarkepar til et neutron-antineutronpar er $E = 12+12 = 24$ MeV og det svarer ifølge Boltzmanns lov $E=kT$ til en middeltemperatur på ca $T=2 \cdot 10^{11}$ K. Ved denne middeltemperatur vil der dannes rigeligt med kvarkepar og en spredt produktion af neutronpar.

Nukleonen f.eks. en neutron er ikke en fri partikel men en lille suppedråbe der kan bevæge sig i suppen. En atomkerne er også en slags gluonsuppe, hvor neutroner kan eksistere. Kvarkerne i neutronen er ganske vist tiltrukket af kvarker i gluonsuppen, men denne kraft (residual force) er væsentlig mindre end den kraft (strong force) der binder to kvarker sammen i en gluon. Neutronen er tiltrukket fra alle retninger af den klistrede gluonsuppe. Såvidt jeg ved sker det ved en udveksling af en kvark med gluonsuppen. Derved bliver dens bevægelse tilfældig. I gluonsuppen vil neutronen bevæge sig indtil den møder tre relevante antikvarker f.eks. i form af en antineutron. Den vil så annihilere og blive til gluoner, men da den kun indeholder 1,3% af en fri neutrons energi er det ikke en voldsom proces.

Hvad størrelsen af ursuppen angår, kan man prøve at forestille sig hvor meget det observerbare stof i universet ville fylde, hvis det var presset lige så tæt sammen som i en nukleon. Det er lykkedes med Hubble rumteleskopet i 2012 at registrere galakser helt ud til 13,2 mia lysår ved at eksponere på et meget lille felt af himlen i lang tid. Der menes nu at være $1,5 \cdot 10^{11}$ galakser i universet. Man har fundet at galakserne i middel indeholder $4 \cdot 10^{10}$ solmasser. Solens masse er $2 \cdot 10^{30}$ kg. Udover solmasser er der usynligt stof i tåger, brune dværge og små neutronstjerner så den samlede stofmasse skal multipliceres med 5. Ifølge antistofteorien er der lige så meget antistof i det intergalaktiske rum, så der kommer yderligere en faktor 2. Massen af stof og antistof i galakseuniverset er da

$$5 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{10} \cdot 2 \cdot 10^{30} = 1,2 \cdot 10^{53} \text{ kg}$$

Nukleonens og antinukleonens masse er $1,7 \cdot 10^{-27}$ kg. Så kan vi beregne antallet af nukleoner og antinukleoner. Men omkring to trediedele af de oprindelige nukleoner og antinukleoner blev i plasmafasen omdannet til den energi der fik universet til at udvide sig. Resterne af disse nukleoner findes nu som elektromagnetisk stråling, der i dag observeres som mikrobølger og som neutrinoer, der i dag findes i stort antal men ikke observeres. Antallet af nukleoner skal altså multipliceres med 3 og vi havde da oprindeligt i suppen

$$3 \cdot 1,2 \cdot 10^{53} / 1,7 \cdot 10^{-27} = 2,12 \cdot 10^{80} \text{ nukleoner}$$

Radius af nukleonen kan sættes til $1,75 \cdot 10^{-15}$ m. Radius af den suppe, der senere bliver til galakseuniverset er da

$$1,75 \cdot 10^{-15} \cdot \sqrt[3]{2,12 \cdot 10^{80}} = 1,0 \cdot 10^{12} \text{ m,}$$

hvilket er lidt mere end radius i Jupiters bane om solen.

En mekanisme der kan adskille stof og antistof.

Hvordan kunne stof og antistof blive adskilt? Måske kunne der i ursuppen tilfældigvis opstå et lille område A, hvor der var flere nukleoner og kvarker end antinukleoner og antikvarker. Derved ville gluonsuppen udenom A få et område B med overskud af antinukleoner og antikvarker. En sådan uensartethed ville hurtigt blive udlignet ved "naturlig" gradient diffusion. Fra A ville der diffundere flere neutroner mod B end der ville diffundere neutroner fra B mod A. Uligevægten ville således blive udlignet ved diffusion og suppen ville igen opnå ensartet sammensætning. Denne tilfældige hændelse kan ikke forårsage en adskillelse af stof og antistof.

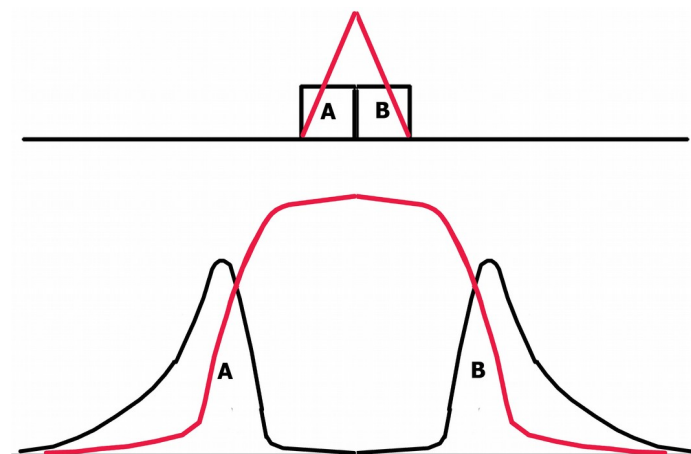
Jeg vil nu betragte en mere interessant hændelse, der kunne indtræffe tilfældigt. Lad os antage at flere pardannelser omkring samme tidspunkt og sted udsendte neutroner i samme halvrum og dermed antineutroner i det andet halvrum. Herved opstod der to områder af type A og B tæt på hinanden og det kunne give mulighed for en ny udvikling. Lad os nu betragte de følgende pardannelser i grænseområdet mellem A og B. Tyngdekræfter fra A og B vil påvirke bevægelsen af de udsendte neutroner og antineutroner. Tyngdekræfterne er ikke så stærke som tiltrækningen fra gluonsuppen og ydermere indeholder områderne A og B endnu ikke ret mange nukleoner. Men tiltrækningen fra den klistrede suppe virker tilfældigt i alle retninger. Derfor kan den lille gravitation og antigravitation alligevel påvirke diffusionen således at neutroner langsomt søger mod A og væk fra B. Tilsvarende for antineutronerne. Derved forøges overtallet af neutroner i A overskuddet af antineutroner i B.

Bevægelsen af neutroner i gluonsuppen kan sammenlignes med jons bevægelse i en elektrolyt. Vandmolekylerne svarer til gluonerne og det elektriske felt svarer til gravitationsfeltet.

Neutroner og antineutroner frastøder hinanden gravitationelt og det kan formindske tværsnittet for sammenstød. Det medfører en længere middelvejlængde og en større mulighed for påvirkning fra gravitation og antigravitation fra A og B. To neutroner tiltrækker hinanden gravitationelt, Men langt stærkere er den tiltrækning mellem gluoner som binder to neutroner sammen, når de kommer tæt på hinanden. Denne tiltrækning skyldes neutronernes indhold af gluoner. Nogle af neutronerne vil danne par, både de der dannes i grænseområdet og de der dannes i område A. Lad os sige at der er 8 gange så mange neutroner som antineutroner i et område. Så vil sandsynligheden for at neutroner møder hinanden og danner par være 4 gange så stor som for antineutronerne. Der vil så være $4 \cdot 8 = 32$ gange så mange neutronpar som antineutronpar. Et sådant neutronpar vil kunne bevæge sig længere før det møder et antineutronpar det kan annihilere helt med. Alle de partikler der dannes i gluonsuppen vil bidrage til diffusion men neutroner og antineutroner giver klart det største bidrag.

Protoner og neutroner vil opføre sig forskelligt. Protoner frastøder hinanden elektrisk og de kan ikke sætte sig sammen. Protoner og antiprotoner tiltrækker hinanden elektrisk og det forøger deres tværsnit for sammenstød og annihilation. Det betyder at de får en kort middelvejlængde og næppe kommer til at spille nogen afgørende rolle for adskillelsen af stof og antistof med den her beskrevne mekanisme.

To kontinenter



Figur 1

Jeg vil foreslå kosmologerne at konstruere en computermodel med den mekanisme jeg har foreslået. Indtil videre vil jeg skitsere hvordan pladerne A

og B kan udvikle sig. Figuren viser en akse vinkelret på pladerne. Det er kun en principskitse, så størrelsesforholdene kan ikke aflæses. Der vises overtal af neutroner eller antineutroner forskellige steder på akse. Den røde graf viser gravitationens størrelse for neutronerne i A og for antineutronerne i B. Øverst ses situationen for nyetablerede plader. Gravitationen fra en kugleformet masse er omvendt proportional med afstanden til kuglens centrum. Men tyngdekraften i et punkt udenfor en pladeformet masse er uafhængigt af afstanden. Det er vigtigt for det gør gravitationen stor i hele grænseområdet mellem A og B. Derved fremmes adskillelsen af stof og antistof. På figuren ser man at gravitationen aftager fra sit maksimum på forsiden af A og B til nul på ydersiderne af A og B.

Mange af de neutroner der findes i A vil diffundere væk fra A uden at tyngdekraften kan ændre det. Mange af de antineutroner der dannes i grænseområdet mellem A og B vil bevæge sig mod A uden at tyngdekraften kan ændre det. De vil derfor annihilere ned neutroner i A. Men det afgørende er at flertallet af pardannelser i grænseområdet vil forøge neutronantallet i A. Der vil stadig være suppe i A og B og her sker pardannelser men de vil ikke gøre meget fra eller til adskillelsen af stof og antistof. Med den her beskrevne mekanisme kan tyngdekræfter få betydning i grænseområdet. Overtallet af nukleoner i A kan opretholdes og måske endda forøges trods tabet ved diffusion. Analogt for B. A og B vil være to plader i nær kontakt. Efterhånden vil områderne A og B vokse sig stærkere idet de kommer til at indeholde en større koncentration af neutroner henholdsvis antineutroner. Områderne A og B vil også blive større og med den beskrevne mekanisme kan udvidelsen ske sådan at grænsefladens areal udvides og de to pladers areal vokser.

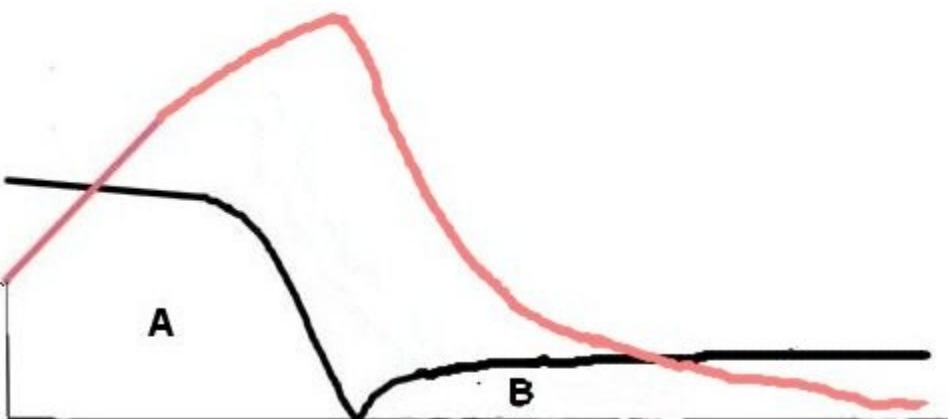
Nederst ses situationen senere. Her er overtallet af neutroner eller antineutroner meget større og det er størst i to vægge langt fra grænsen. Overalt i suppen dannes stadig nye par af neutroner og antineutroner. Antineutronerne vil diffundere væk fra A og neutronerne vil diffundere ind i A. Væggene flytter sig væk fra grænsen ved diffusion. Gravitationen er også blevet meget større og den er næsten konstant mellem de to vægge. A har nu bredt sig ud på bagsiden. Denne diffusion skyldes mest gradienten af overskydende neutroner på bagsiden af A. Her vil der dannes neutroner som diffunderer væk fra toppen af A. Gravitationens størrelse bestemmer stejlegheden af overskuddet af neutroner. Deraf følger at overskuddet af neutroner falder langsomt ved bagsiden af A. Jeg forestiller mig at A og B skiverne efter meget lang tid bliver til to tykke kontinenter. Formen kan være som to rundstykker, der ligger med den flade side mod hinanden.

Når neutronerne rammer hinanden vil de klistre sig til hinanden med gluoner. Med tiden vil flere neutroner samles i større grupper og her begynder gravitationen at holde dem sammen og tiltrække flere neutroner fra suppen. Man taler om at der findes et stof neutronium som neutronstjerner består af. Jeg vil kalde de store grupper neutroner i suppen for kødboller. Disse kødboller bindes sammen både af gluoner og af gravitationen og de optræder senere som galaksekerner. Kødbollerne er tilfældigt spredt over hele kontinentet. Deres størrelse er også tilfældigt fordelt. Derfor ser man senere galakser af meget forskellige størrelser, de fleste små. Man kan få en fornemmelse af hvor

stor en del af energien i A+B, der findes i kødbollerne, når de opnår deres endelige størrelse, ved at se på de nuværende galaksekerner. Mælkevejens masse anslås til $2 \cdot 10^{42}$ kg og mælkevejens kerne anslås til 10^{37} kg. Galaksens masse i forhold til kernens masse er altså $2 \cdot 10^{42} / 10^{37} = 200000$.

Vi kan beregne hvor tæt kødbollerne lå i ursuppen. Lad os regne med at ursuppens radius som før nævnt var $600 \cdot 10^9$ m og antallet af galakser som før nævnt er $1,5 \cdot 10^{11}$. Vi får da at en kødbolle i middel er omgivet af en suppe med radius $600 \cdot 10^9 / \sqrt[3]{1,5 \cdot 10^{11}} = 1,1 \cdot 10^8$ m. Det er 20 gange jordens radius. Hvis hver af disse kødboller og deres omgivende suppe er blevet til galakser og vi ser på den nuværende afstand mellem galakserne, må der være sket en vældig udvidelse. Når kødbollerne opnår deres endelige størrelse kan vi anslå deres radius til $1,1 \cdot 10^8 / \sqrt[3]{200000} = 2 \cdot 10^6$ m, hvilket svarer til afstanden fra Danmark til Grækenland.

Gravitationen lige uden for en kødbolle når efterhånden en anelig størrelse, Den kan sammenlignes med gravitationen ved galaksekernerne i dag. Gravitationen vil påvirke diffusionen af de nukleoner og antinukleoner der hele tiden opstår ved pardannelse i kødbollens omegn. Neutronerne vil diffundere mod kødbollen og blive absorberet der medens antineutronerne vil blive skubbet væk. Ved de temperaturer der hersker vil der dannes flere protoner end neutroner da der kræves mindre energi til dannelse af protoner end neutroner. Protonerne vil samle sig i en kappe omkring kødbollen og antiprotonerne vil blive skubbet væk og samle sig i en kappe udenfor. Protonerne er positivt elektrisk ladede og antiprotonerne er negative. Derved opstår et elektrisk felt i grænselaget mellem de to kapper som vil modvirke gravitationen. Det elektriske felt når imidlertid aldrig nogen væsentlig størrelse, fordi feltet sætter gang i en diffusion af elektrisk ladede pioner. Overalt i suppen dannes par af negative og positive pioner. De to kvarker, som pionerne indeholder, er omtalt og viser at pionerne er neutrale med hensyn til gravitation. De negative pioner vil diffunderer mod den positivt ladede kappe nær kødbollen medens de positive pioner diffunderer ud mod den negativt ladede kappe. Derved reduceres det elektriske felt så meget i grænseområdet at vi kan se bort fra de elektriske kræfters betydning.



Figur 2

Forholdene i omegnen af en kødbolle er her kun skitseret. Man kan ikke aflæse størrelsesforhold. Den vandrette akse udgår fra kødbollens centrum. Den lodrette linie markerer overfladen af kødbollen. Med rødt er tegnet størrelsen af gravitationsfeltet som funktion af afstanden fra kødbollens centrum. Øverst vises situationen kort efter at kødbollen har nået en anselig størrelse. Nær ved kødbollens overflade er gravitationen stor og kan endda vokse lidt på grund af overskud af protoner tæt på kødbollen. Derefter aftager gravitationen med kvadratet på afstanden fra kødbollens centrum. Med sort er vist overskud af nukleoner i A-kappen eller antinukleoner i B-kappen. Gravitationen trækker nukleonerne mod kødbollen i hele A-kappen og derfor vil overskuddet være størst tæt ved kødbollen. Denne bevægelse vil dog blive ophævet af den "naturlige" diffusion i den retning hvor koncentrationen falder. For antinukleonerne i B vil den naturlige diffusion på ydersiden bevirke at antinukleonområdet breder sig over et større område.

Et senere tidspunkt er skitseret nederst på figur 2. Kødbollen er vokset og kappen A er vokset. Her har overskuddet af nukleoner fået en meget høj værdi nær kødbollen og det falder lidt udad. Gravitationsfeltet er tegnet rødt. Den store mængde nukleoner i A gør at gravitationen bliver enormt stor i A, selv om den bliver modereret af det elektriske potentiale. Antinukleonerne i B er som før spredt over et større område. På et tidspunkt smelter det sammen med tilsvarende områder hos nabokødbollerne. Der dannes som sædvanlig par af nukleoner og antinukleoner i A, og de vil få tilført stor energi af gravitationsfeltet. Derved bliver det muligt for dem at frigøre sig fra gluontilstanden og optræde som frie partikler. Den frie neutron har en energi på 940 MeV og neutronen i gluontilstanden har energien 12 MeV.

Denne frigørelse af partikler fra gluon suppen kan sammenlignes med fission af en atomkerne. Jeg har beregnet at to protoner i nærkontakt frastøder hinanden elektrisk med en kraft på ca 20 N. Den elektriske kraft er svagere end den klistrede tiltrækkende kernekraft, der imidlertid kun virker på kort afstand. Det bliver afgørende for i de tunge Uran-kerner med 92 protoner kan kernekræfterne ikke holde fast på protonerne og kernen spaltes. Jeg har beregnet at to neutroner i nærkontakt tiltrækker hinanden gravitationelt med en kraft på ca $6 \cdot 10^{-35}$ N. Jeg antager at den frastødende kraft mellem en neutron og antineutron samme størrelse. Gravitationskraften er altså kun ca 10^{-36} gange den elektriske kraft. Men hvis antallet af partikler er tilstrækkeligt stort er det muligt at den klistrede gluonsuppe ikke kan holde fast på nukleonerne, der bliver frie. Til forskel fra protoner i atomkernen kan neutroner bevæge sig temmelig ubesværet et stykke vej gennem gluonsuppen hvorved de bliver accelereret af gravitationskraften.

En del af de frie nukleoner vil ligesom i gluonsuppen bevæge sig sådan at

neutroner og neutronsamlinger bliver optaget i kødbollen og protonerne lægger sig i kappen A, medens antinukleonerne bliver forskudt til kappen B. Men mange nukleoner og antinukleoner vil kollideres og annihilere. Dette giver en enorm energiudladning og temperaturstigning i kappen omkring kødbollen. Området bliver forvandlet til en plasma af frie partikler. Den høje temperatur i denne ildkugle breder sig ud i kontinentet og medfører overgang til plasmafase. Det høje tryk og den høje temperatur fremkalder udvidelsen af universet, som jeg vil komme tilbage til senere.

Plasmafase

Vi har nu fået konstrueret to nærliggende kontinenter A og B. I hvert kontinent er spredt kødboller der efterhånden er blevet større. En kødbolle i A består af neutroner. Rundt om kødbollen er en ildkugle bestående af A-plasma og uden på dette et tyk kappe af B-plasma. I ildkuglen sker der stadig en adskillelse af stof og antistof, og på grund af tilstrømmende nukleoner vil A-området vokse. Dette lag af stof bliver en bestanddel af den ydre del af galaksen senere. Der sker også et stort antal annihilationer, hvorved temperaturen holdes høj.

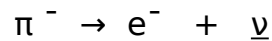
De energirige partikler i plasmaen bombarderer den tilstødende gluonsuppe i omegnen af kødbollen. Denne proces minder om det vi kender fra kollisionsforsøg når atomkerner bombarderes med højenergetiske partikler. Ved en partikelenergi på 7GeV vil der i nogle tilfælde blive frigjort en proton, men er energien 24GeV vil der i alle tilfælde blive frigjort en proton. Jeg vil i første omgang skønne at plasmaens temperatur i ildkuglen har været $2,8 \cdot 10^{14}$ K svarende til 24GeV. Der frembringes mange nye partikler, som tager gluoner med og forlader suppen. Overfladen af suppen bombarderes af højenergetiske partikler. Der sker en slags kogning hvor elementarpartikler løsriver sig fra suppen. Suppen fordamper fra overfladen og efterhånden bliver hele suppen i omegnen af kødbollen forvandlet til en plasma med meget høj temperatur og højt tryk. Ildkuglerne vil stadig få tilført energi fra gravitationsfeltet i grænseområderne mellem kapperne A og B.

Den høje temperatur ved ildkuglerne vil ret hurtigt brede sig i plasmaen for der sker en kraftig diffusion ved elastiske stød mellem partiklerne og partiklerne kan bevæge sig mere frit over længere afstande end i den klistrede gluonsuppe. Men især fotoner og neutrinoer der bevæger sig med lyshastighed medfører en temperaturligevægt. Suppens omdannelse til plasma vil efterhånden brede sig til hele kontinentet. De eneste steder hvor suppen holder stand er i kødbollerne, hvor neutronerne eller antineutronerne på overfladen beskytter gluonsuppen.

Kødbollen er i plasmafase stadig omgivet af en kappe af stof. Jeg vil kalde denne kombination for en protogalakse selv om mange af dem aldrig vil blive til galakser. I den første tid vil der overalt i plasmaen ske annihilationer af nukleoner og antinukleoner. Herved dannes fotoner og neutrinoer og tætheden af nukleoner falder. I de ydre områder af kontinentet er protogalakserne mere spredt og i disse områder er der flere annihilationer og derfor en lavere tæthed af nukleoner og dermed et lavere tryk af nukleoner. Følgen af det lavere tryk i yderområderne er en udvidelse. Protogalakserne og deres omgivende

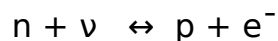
intergalaktiske stof udvider sig og udvidelsen vil gælde hele kontinentparret. Plasmatilstanden vil formentlig brede sig til hele kontinentparret og omdanne gluonsuppen til partikler. Vi ved ikke hvad der sker udenfor kontinenterne, men det univers vi kender er et partikelunivers hvor suppen er væk.

Der dannes mange forskellige partikler ved fordampningen fra gluonsuppen. Pioner der løsriver sig er ustabile og vil da henfalde for eksempel til en elektron og en antineutrino



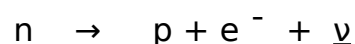
Neutrinoer er masseløse, neutrale og bevæger sig med lyshastighed. De spillede ingen rolle i ursuppen men meget energirige neutrinoer blev dannet i store mængder i den første del af plasmafase. De deltog i mange forskellige reaktioner med andre partikler. De mindre energirige neutrinoer vi kender i dag vekselvirker svagt med andre partikler. I plasmaen vil også de elektrisk ladede partikler bevæge sig frit. Elektronerne vil hurtigt fordele sig sådan at de elektriske felter neutraliseres.

Nukleoner løsrives fra suppen i stort tal. I begyndelsen af plasmafase hvor temperaturen er høj vil der være en ligevægt mellem antal protoner og neutroner.



I Big Bang teorien falder temperaturen i plasmaen på grund af universets udvidelse. Antistofteorien opererer også med en plasmatilstand, hvor temperaturen falder på grund af udvidelsen. Jeg vil tro at næsten de samme processer kan foregå i begge teorier. Ved en temperatur større end 10^{10} K er næsten alle partikler protoner eller neutroner. Når temperaturen er lavere end 10^{10} K er fotonernes energi utilstrækkelig til at spalte de dannede atomkerner og der kan ske fusion hvor der dannes atomkerner. Ca 20% af nukleonerne bliver bundet i deuteriumkerner. Deuteriumkernerne fusionerer og danner He-kerner. Ca 24% af universets masse er i dag He-kerner. Disse processer med kernerdannelse er fint beskrevet i Big Bang teorien.

Den omtalte ligevægt ændrer ikke stofpartiklernes samlede antal i A-kappen. På et senere tidspunkt i plasmafase hvor temperaturen er faldet vil neutronerne henfalde til en proton, en elektron og en antineutrino.



Så forsvinder neutronerne overalt i kontinentets plasma og opbygningen af kødklumperne ophører.

De vigtigste partikler der forlader suppen og overgår til plasmaen er protoner og antiprotoner. I plasmaen vil protoner og antiprotoner støde sammen og annihilere. Derved forsvinder et stort antal nukleoner fra universet mindst halvdelen. Vi ved fra kollisionforsøg at der ved annihilationen kan dannes mange ustabile partikler som siden henfalder. Eksempelvis



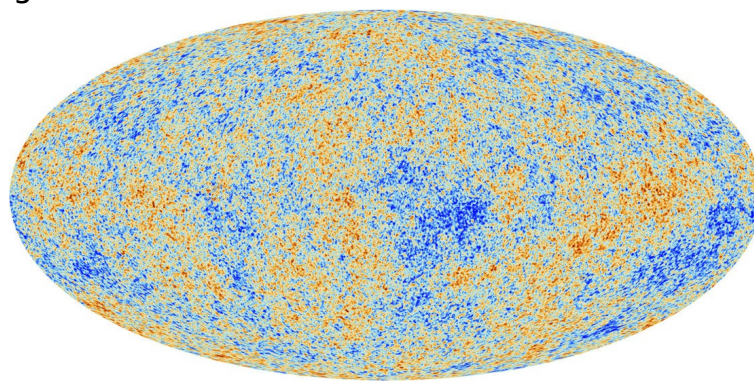
I plasmaen vil et stort antal nukleoner blive til fotoner og selv om de i dag har mistet energi på grund af universets udvidelse, er de stadig mere hyppige end nukleoner. I ursuppen har de ingen betydning. De er ligesom neutrinoerne masseløse, neutrale og bevæger sig med lyshastighed. Men i plasmafasen bliver de ustandselig absorberet og spredt af de elektrisk ladede partikler.

I plasmafasen begynder udvidelsen af universet og i takt med udvidelsen falder temperaturen. Ved lavere partikelenergi end 0,8 MeV svarende til temperaturen $9 \cdot 10^9$ K stopper processer med neutrinoer også kaldet svage vekselvirkninger. Det er et markant vendepunkt som jeg vil kalde neutrinoåbningen. Nu er tætheden af partikler mindre og de mange neutrinoer kan bevæge sig frit uden at reagere med andre partikler. Disse neutrinoer indeholdt en stor del af universets energi. Den nuværende kosmiske neutrinostråling stammer fra neutrinoåbningen hvor neutrinoernes energi var mindre. Neutrinoerne har mistet energi på grund af universets udvidelse men er stadig de mest talrige partikler i universet. Hvis vi kunne registrere neutrinoerne kunne vi få oplysning om universets tilstand ved neutrinoåbningen.

Ved neutrinoåbningen er adskillelsen af stof og antistof formentlig i det væsentlige fuldført. De mange ustabile partikler i plasmaen forsvinder og tilbage er de stabile partikler: protoner, antiprotoner, elektroner, positroner, fotoner, og forskellige typer af neutrinoer. Ildkuglerne er kølet af. Det tykke lag A-plasma nærmest kødbollen består mest af protoner, elektroner og fotoner. Dette lag udgør sammen med kødbollen en protogalakse.

Den tykke B-kappe længere væk fra kødbollen er forvandlet til en antiplasma bestående mest af antiprotoner, positroner og fotoner. Antiplasma fra alle kødbollerne udgør en sammenhængende antiplasma for hele kontinentet. Kontinentets antiplasma bliver senere til det intergalaktiske rum.

Den såkaldte mikrobølgebaggrund vidner om plasmafasen. Den gas der udsendte strålingen må være en plasma, hvis temperatur er ca 3000 K. Ved denne temperatur begynder protoner og elektroner at rekombinere og danne elektrisk neutrale brintatomer. Plasmaen omdannes til en elektrisk neutral gas og udsendelse af fotoner ophører. Undervejs til os har strålingen passeret et område, der i mellemtiden har udvidet sig voldsomt. Derved er bølgelængden forøget og strålingen er nu blevet til mikrobølger tilsyneladende udsendt fra en gas med temperatur 2,7 K. Den traditionelle teori siger at universet har udvidet sig med konstant takt siden Big Bang. Lysudsendelsen fra plasmaen skal være sket kort efter Big Bang da universet var meget lille. Men ifølge antistofteorien er udvidelsen af universet først begyndt i plasmafasen og efter dannelsen af protogalakser. Universets historie før udvidelsen har formentlig taget enormt lang tid.



Figur 3

http://m.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck/Planck_and_the_cosmic_microwave_background

Det er ikke muligt at få lyssignaler fra tider længere tilbage end mikrobølgestrålingen og det område vi kan få lys fra kaldes det synlige univers. Vi kan ikke med sikkerhed vide om der er dele af universet i større afstande men det skulle være mærkeligt hvis vor mulighed for at udforske skulle bestemme universets grænse. Der er en lille forskel i intensiteten af mikrobølgestrålingen fra forskellige retninger. Se figuren der stammer fra Planck-satellitten. De gule og mere intensive områder kan muligvis forklares ved at der her ligger store kontinenter som dem vi har omtalt. De gule områder dækker så stor en del af himlen at de må tilhøre de to store kontinenter vi selv er en del af. Jeg vil sammenligne de to kontinenter med to rundstykker, der ligger med den flade side mod hinanden. Vi er selv placeret ret nær midten. Mikrobølgestrålingen kommer fra et område i rundstykket der ligger så langt væk at området må udgøre en ring omkring os. Og der er en ring fra hvert rundstykke. I de indre dele af kontinentet er tætheden af stof og antistof størst. Her vil der være størst lysintensitet. De blå områder må så være ydre dele af de to kontinenter.

På grund af udvidelsen blev plasmaens temperatur på et tidspunkt så lav at antiprotoner og positroner rekombinerede til elektrisk neutrale antibrintatomer, og tilsvarende for protoner og elektroner. Plasmaen var da omdannet til en gas. Efter rekombinationen kunne elektromagnetisk stråling uhindret udbrede sig i universet. Den mikrobølgestråling vi nu observerer er udsendt omkring dette tidspunkt.

Universets udvidelse

Udvidelsen af universet begyndte ved overgangen fra gluonsuppe til plasma. Vi skal imidlertid regne tilbage fra den nuværende udvidelse, som vi kender bedre. Mikrobølgebaggunden har en bølgelængde svarende til temperaturen 2,73 K. Denne stråling er udsendt ved rekombinationen, hvor protoner modtager en elektron og bliver til Brintatomer. Joniseringsenergien for Brint er 13,6 eV og denne energi svarer til middelenergien i en plasma med temperatur 160000 K. Men i plasma med meget lavere temperatur vil der stadig være mange fotoner med den nødvendige energi til at jonisere Brint. Mere detaljerede beregninger viser at temperaturen skal ned på ca. 3000 K før jonisering ophører. Jævnfør B. Ryden: "*Introduction to Cosmology.*"

Under udvidelsen siden rekombinationen har den elektromagnetiske stråling bevæget sig frit i rummet og temperaturen af den stråling vi nu modtager er formindsket med en faktor $f = 3000/2,73 = 1100$, hvilket betyder at den typiske bølgelængde er forøget med faktor f . Årsagen er at det mellemliggende rum har udvidet sig med faktor f . Vi betragter nu galaksernes univers og opfatter det for nemheds skyld som en kugle hvor vi befinder os i centrum. De fjerneste galakser har en rødforskydning på ca. 7 svarende til at lyset blev udsendt fra et sted ca. 13 mia ly væk. Men i mellemtiden har disse fjerne galakser opnået en afstand fra os på ca. 30 mia ly hvilket altså er galakseuniversets nuværende radius. Radius af galakseuniverset er altså

nu: $r = 30000 \text{ mio ly} = 3 * 10^{26} \text{ m}$
ved rekombinationen: $r = 30000 / 1100 = 27 \text{ mio ly} = 2,7 * 10^{23} \text{ m}$

Massen af stof og antistof i galakseuniverset er uforandret $1,2 * 10^{53} \text{ kg}$. Heraf kan vi beregne massetætheden i galakseuniverset nu

nu: $m = 1,2 * 10^{53} / (4 * \pi / 3 * (3 * 10^{26})^3) = 1,06 * 10^{-27} \text{ kg/m}^3$
ved rekombinationen: $m = 1,06 * 10^{-27} * 1100^3 = 1,46 * 10^{-18} \text{ kg/m}^3$

Halvdelen af massen er det intergalaktiske antistof der nu breder sig over næsten hele universet. Derfor er tætheden af det intergalaktiske antistof kun det halve. Dividerer vi med antibrintmolekylemassen får vi antimolekyletætheden

$$1,06 * 10^{-27} / 2 / (3,4 * 10^{-27}) = 0,16 \text{ antimolekyler/m}^3$$

Massetætheden her er en middelværdi. Massetætheden falder med afstanden fra centrum.

For at forstå hvad gassen består af skal vi bruge at bindingsenergien for brintmolekylet er 4,5 eV svarende til middelenergien i gas med temperatur 52000 K. Gassen havde en begyndelsestemperatur 3000 K og derfor må næsten al brint forekomme som molekyler. Tilsvarende gælder for de 20% Helium.

Vi kan også beregne trykket hvis universet betragtes som en ideal gas d.v.s.

$$P * V = N * k * T$$

$$P = N / V * k * T = m / n * k * T$$

P er trykket, V er volumen, N er antal partikler, k er Boltzmanns konstant, T er temperaturen, m er massetætheden og n er brintmolekylemassen.

$$P = m * (1,38 * 10^{-23}) * T / (2 * 1,7 * 10^{-27}) = m * T * 4060 \quad (1)$$

ved rekombinationen: $P = 1,46 * 10^{-18} * 3000 * 4060 = 1,78 * 10^{-11}$

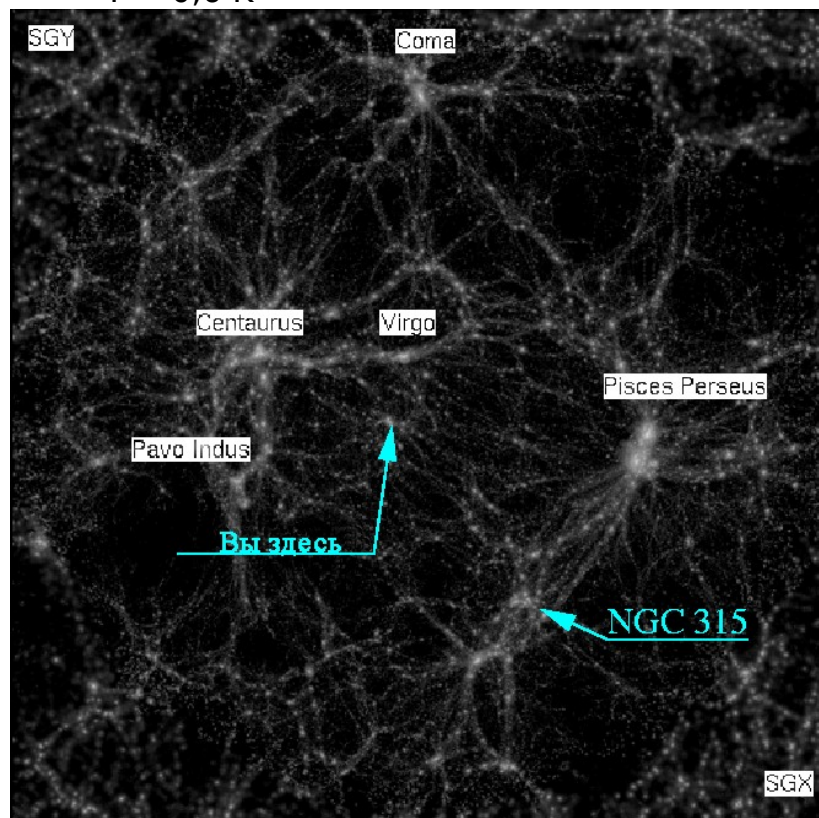
Gassens udvidelse er en adiabatisk proces, hvor $P*V^\gamma$, hvor $\gamma=7/5$ for en diatomig gas. I løbet af udvidelsen vil næsten halvdelen af gassen forsvinde og blive til stjerner. Galaksegasen bruges til stjernedannelsen og det rumfang denne gas fyldte, bliver så opfyldt af den intergalaktiske gas. Efter stjernedannelsen udvider galakserne sig ikke meget. Det er antistoffet i det intergalaktiske rum der udvider sig. Den tilbageværende intergalaktiske gas får et 1,8 gange så stort rumfang. Deraf fås det nuværende tryk af den intergalaktiske gas

nu
$$P = 1,78 * 10^{-11} / ((1100^3 * 1,8)^{7/5}) = 1,3 * 10^{-24}$$

De lave værdier af trykket betyder at accelerationen i udvidelsen bliver ubetydelig. Store dele af universet fortsætter udvidelsen med de hastigheder de enkelte områder har opnået i forvejen.

Vi kan også beregne den nuværende temperatur af den intergalaktiske antigas med ligning (1)

$$1,3 * 10^{-24} = (1,06 * 10^{-27} / 2) * T * 4060$$
$$T = 0,6 \text{ K}$$



Figur 4

https://en.wikipedia.org/wiki/Laniakea_Supercluster

Figuren viser ca 400 galaksehobe ud til en afstand på 300 mio lysår fra vores mælkevej. Mælkevejen er markeret på russisk. Vi ser en slags skum af bobler. Inde i boblerne er der tilsyneladende et tomrum (void) og galakserne sidder i væggene (filaments) mellem boblerne og især i hjørner hvor flere end to bobler mødes. Disse hjørner kaldes også galaksehobe (clusters). De enkelte hobes hastighed er beregnet og vist idet der fraregnes den hastighed der skyldes universets udvidelse. Trykket i boblerne er lille men kan stadig være lidt større for bobler nær centrum af kontinentet.

Situationen er langt fra den oprindelige situation hvor protogalakser var jævnt fordelt i kontinenterne. Det fremgår af figuren at det intergalaktiske rum fylder mere end galaksernes rum. Men desuden er der siden begyndelsen af universets udvidelse sket det at det intergalaktiske antistof har samlet sig i større bobler. Det må forklares på den måde at de større mellemrum mellem galakserne d.v.s. de større bobler har en større antigravitation og dermed presser protogalakserne væk. Protogalakserne vil derfor presse de mindre intergalaktiske mellemrum sammen, så at trykket stiger i dem. Det fører til at antistof vandrer fra mindre bobler til større.

Det fremgår af figuren at galakserne bevæger sig hen mod de store hobe. Desuden har man observeret at galakserne bevæger sig ud mod væggene. Dette forklares i Big Bang teorien ved tilstedeværelsen af en mystisk mørk frastødende energi i det indre af boblen. Men det er let at forklare med antistofteorien. Den mystiske mørke energi er simpelthen antistof der presser galakserne ud i periferien af boblen.

Udvidelsen sker som følge af den hastighed både galakserne og det intergalaktiske antistof har opnået tidligere. Udvidelsen sker i boblerne. Galakserne udvider sig ikke.

Der bliver ingen nævneværdig acceleration i perioden efter rekombinationen, så hastigheden kan regnes konstant i tiden. Dette svarer til teorien om Big Bang, hvor man regner med at enhver del af universet har haft en konstant hastighed siden skabelsen. Hastigheden kan beregnes med Hubbles lov f.eks. for de yderste galakser

$$v = H * r = 67 \text{ km/s / Mpc} * r = 6,7 * 10^4 / (3,26 \text{ mio ly}) * 30 \text{ mia ly} = 6,17 * 10^8 \text{ m/s}$$

Deraf kan vi beregne tiden for udvidelsen siden rekombinationen

$$t = r/v = (3 * 10^{26} - 2,7 * 10^{23}) / 6,17 * 10^8 = 4,9 * 10^{17} \text{ s} / (3,15 * 10^7 \text{ s/år}) = 15 \text{ mia år}$$

Mikrobølgebaggrunden er udsendt på omtrent samme tidspunkt fra hele universet nemlig for 15 mia år siden da temperaturen var 3000 K. Da denne stråling har bevæget sig med lyshastighed er den udsendt fra et sted med afstanden 15 mia ly fra os. Det er længere væk end de 13 mia ly, som er den afstand de fjerneste galakser befandt sig i ved rekombinationen.

Udvidelsen i plasmafasen

Plasmaen består af protoner, elektroner og fotoner der støder sammen. Denne sammensætning af plasmaen gælder efter neutrinofrigørelsen der menes at ske ved en temperatur på $9 \cdot 10^9$ K. Jeg vil betragte udvidelsen som en adiabatisk proces i en ideal gas. Her gælder at $T \cdot V^{2/3} = \text{konstant}$ for en monoatomar gas. $V = \text{konstant} \cdot t^3$. For temperaturen gælder da $T \cdot t^2 = \text{konstant}$. For massetætheden gælder $m \cdot t^3 = \text{konstant}$. For trykket gælder da $P \cdot t^5 = \text{konstant}$.

For at få et tidsperspektiv på udvidelsen vil jeg opstille en simpel model for udvidelsen. Vi har set at universet består af to kontinenter måske af form som to rundstykker med den flade side mod hinanden. Galakseuniverset udgør de centrale dele af kontinenterne, hvor massetætheden er størst. I de ydre dele af kontinenterne aftager massetætheden gradvis mod nul. For nemheds skyld regner vi med en kugleform for hele universet, hvor vi befinder os i centrum. Efter at ildkuglerne er afkølet bliver temperaturen nogenlunde den samme overalt.

På grund af det store tryk opnår alle dele af plasmaen en hastighed væk fra centrum. Jeg antager at der indstiller sig en situation med homogen udvidelse, således at hastigheden er proportional med radius d.v.s. Hubbles lov $v = H \cdot r$ og denne situation vil fortsætte under udvidelsen. Det kan ikke udelukkes at der i begyndelsen af udvidelsen opstår en trykbølge som breder sig ud af, men det vil jeg altså se bort fra. For at Hubbles lov skal gælde til enhver tid må accelerationen være proportional med radius $a = h \cdot r$.

Vi betragter nu en kugleskal med radius r og tykkelse dr og ser på den kraft der virker på en fladeenhed af kugleskallen. Ifølge Newtons 2. lov har vi:

$$-dP = m \cdot dr \cdot a$$

For trykket P kan vi ikke bruge ligning (1) direkte for i plasmafasen er der protoner, elektroner og fotoner med hver sit partialtryk. Der skal derfor tilføjes en faktor 3. Desuden er det brintatomer i stedet for brintmolekyler.

$$-dm \cdot T \cdot 3 \cdot 8120 = m \cdot dr \cdot h \cdot r$$

$$-dm/m \cdot T \cdot 2,4 \cdot 10^4 = h \cdot r \cdot dr$$

Vi integrerer fra centrum $r=0$, hvor massetætheden er m° til r hvor massetætheden er m

$$-\ln(m/m^\circ) \cdot T \cdot 2,4 \cdot 10^4 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot r^2 \quad (2)$$

Vi har brug for at vide hvor hurtigt massetætheden aftager med radius. Galakseuniverset udgør kun den centrale del af kontinenterne hvor massetætheden er størst. Vi kunne her bruge en oplysning om hvordan galaksetætheden afhænger af afstanden fra os. Mig bekendt er der ikke udført

en sådan undersøgelse. Indtil da vil jeg antage at massetætheden i udkanten af galakseuniverset kun er aftaget til 80% af den maksimale værdi. Vi kan nu indsætte $m/m^\circ = 0,8$ sammen med værdierne for T og r ved rekombinationen

$$- \ln(0,8) * 3000 * 2,4 * 10^4 = \frac{1}{2} * h * (2,7 * 10^{23})^2$$

$$h = 4,4 * 10^{-40}$$

$$a = h * r = 1,2 * 10^{-16}$$

Denne acceleration er lille, men da vi ved hvordan T og r afhænger af f viser ligning 2 at a er proportional med f^{-3} . For at få en ide om ved hvilken faktor f accelerationen får betydning kan vi sammenligne forøgelsen af hastigheden med den konstante hastighed.

$$a * f^3 * t < v$$

$$a * f^3 * r / v < v$$

$$f^3 < (6,17 * 10^8)^2 / (2,7 * 10^{23} * 1,2 * 10^{-16})$$

$$f < 2270$$

Accelerationen har ingen betydning for $f < 2270$. Jeg vælger $f=1000$ og får

$$r = 2,7 * 10^{23} / 1000 = 2,7 * 10^{20}$$

$$T = 3000 * 1000^2 = 3 * 10^9 \text{ K}$$

$$m = 1,46 * 10^{-18} * 1000^3 = 1,46 * 10^{-9}$$

Denne udvidelse i plasmafase sker med konstant hastighed og vi beregner tiden

$$t = 2,7 * 10^{23} / 6,17 * 10^8 / 3,15 * 10^7 \text{ s/år} = 14 \text{ mio år}$$

Neutrinoperioden

Vi er nu tilbage i den første periode af plasmafase, som jeg vil kalde neutrinoperioden. Der sker annihilation af stof og antistof ved ildkuglerne hvorved temperaturen holdes høj. Der dannes forskellige partikler med store energier. De fleste af partiklerne er ustabile og henfalder til energirige neutrinoer og fotoner. Neutrinoerne breder sig i plasmaen og sørger for at temperaturen af plasmaen er høj og for at opløse resten af gluonsuppen. Neutrinofrigørelsen sker som nævnt først når plasmaens temperatur er faldet til $9 * 10^9 \text{ K}$. Den nydannede plasma vil indeholde både partikler og antipartikler og disse vil med tiden annihilere og blive omdannet til neutrinoer og elektromagnetisk stråling. Derved falder massetætheden især i de ydre dele af kontinentet. Udvidelsen begynder samtidig med at der produceres varmeenergi ved ildkuglerne. Ildkuglerne er nogenlunde jævnt fordelt i de indre områder af kontinenterne. Temperaturen og trykket er nær det samme ved alle ildkugler og breder sig hurtigt fra ildkuglerne til deres nærområder. Plasmaens udvidelse kan ikke beskrives som en adiabatisk proces i en ideal gas for der produceres stadig bevægelsesenergi ved ildkuglerne under udvidelsen. Udvidelsen i neutrinoperioden sker som en samtidig eksplosion af hovedparten af ildkuglerne. Det er denne eksplosion, der fremkalder universets udvidelse.

Ekspllosionen i faststofteorien kan minde om Big Bang, men i faststofteorien er den kinetiske energi opstået af den energi der frigøres ved annihilationen af stof og antistof. Vi kan beregne den samlede kinetiske energi ved at antage at massetætheden nu er konstant m i hele galakseuniverset.

$$E = \int_0^R 4\pi r^2 m (Hr)^2 dr = 4\pi m H^2 \int_0^R r^4 dr = 4\pi m H^2 \frac{R^5}{5}$$

$$= 4\pi/3 m R^3 \cdot 3/5 (HR)^2 = M \cdot 3/5 V^2 = M \cdot 3/5 (6,17 \cdot 10^8)^2$$

R er den nuværende afstand til de fjerneste galakser og V er deres nuværende hastighed. H er Hubblekonstanten. M er massen af stof og antistof i galakseuniverset. Jeg har tidligere vurderet at massetætheden i yderområderne er 80% af tætheden i centrum. Derfor sætter jeg 80% på energien

$$E = M \cdot 3/5 (6,17 \cdot 10^8)^2 \cdot 80\% = M \cdot 1,8 \cdot 10^{17}$$

Vi kan også prøve at vurdere den rotationsenergi der er i galakserne. Dertil kan vi bruge formlen for cirkelbevægelse $v^2 = G \cdot m / r$, hvor m er den tiltrækkende masse og v er hastigheden i afstanden r . Mælkevejens radius er $5 \cdot 10^{20}$, men jeg vil vælge $5 \cdot 10^{19}$ fordi mælkevejen er stor og fordi størstedelen af rotationsenergien findes tæt på kernen. Antal galakser $a = 1,5 \cdot 10^{11}$. Universets masse $M = 1,2 \cdot 10^{53}$.

$$E = a \cdot m \cdot v^2 = a \cdot m \cdot G \cdot m / r = M \cdot G \cdot (M/a) / r$$

$$= M \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,2 \cdot 10^{53} / 1,5 \cdot 10^{11} / 5 \cdot 10^{19} = M \cdot 1,1 \cdot 10^{12}$$

Heraf ses at rotationsenergien ikke har nogen væsentlig størrelse. Den kinetiske energi i udvidelsen skal sammenlignes med masseenergien $M \cdot c^2 = M \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = M \cdot 9 \cdot 10^{16}$. Vi ser at den kinetiske energi er ca dobbelt så stor som universets masse. 2/3 af massen er forsvundet ved annihilation og er blevet til kinetisk energi samt neutrinoer og fotoner med lav energi.

Vi kan regne med at tryk og temperatur er nær den samme i hele området i neutrinoperioden. $m \cdot f^{-3}$ er konstant. Udvidelsen sker fra den formodede radius af gluonsuppen $1 \cdot 10^{12}$ til $2,7 \cdot 10^{20}$ og dermed er $f = 2,7 \cdot 10^8$. Massetætheden er

$$m = 1,46 \cdot 10^{-9} \cdot (2,7 \cdot 10^8)^3 = 2,8 \cdot 10^{16}$$

Hvis vi beregner massetætheden ved hjælp af den anslåede værdi af galakseverdenens masse får vi samme værdi fordi begge beregninger er baseret på den tidligere antagelse at tætheden i gluonsuppen er den samme som i en atomkerne

Jeg har tidligere antaget en højere temperatur $2,6 \cdot 10^{14}$ K i plasmaen, og den kan være sat for højt. Men den høje værdi er temperaturen i ildkuglerne, og den kan meget vel være opretholdt under den første del af neutrinoperioden. I den sidste del af perioden er ildkuglerne ved at køle af og vi ender med $3 \cdot 10^9$

K som middeltemperatur for plasmaen som helhed. Vi må regne med at der først er temperaturligevægt mellem ildkuglerne og deres nærområde, når ildkuglerne er brændt ud.

Hvis vi gør den åbenlyst grove antagelse at accelerationen i neutrino-perioden er konstant og derefter bliver nul, kan vi beregne tiden for denne udvidelse.

$$r = \frac{1}{2} a t^2, \quad v = a t, \quad r = \frac{1}{2} (v/t) t^2$$
$$t = 2r/v = (2 \cdot 2,7 \cdot 10^{20} / 6,17 \cdot 10^8) / 3,15 \cdot 10^7 \text{ s/år} = 28000 \text{ år}$$

Galaksekernerne

Der er i dag en forestilling om at galaksekerner er sorte huller. Der er dog usikkerhed om kernernes egenskaber. Et matematisk punkt hvor massefylden er uendelig stor strider imod al erfaring. Ifølge antistofteorien er galaksekernerne allerede dannet i gluonsuppen i form af kødboller bestående af neutroner (vi nævner kun A-kødboller). Deres masse varierer og de er spredt tilfældigt sådan at tætheden falder ud mod universets yderområder.

Massen af mælkevejens kerne kan sættes til 10^{37} . Schwarzschild radius er radius af et massivt legeme der ikke tillader lys at slippe væk.

$$\text{Schwarzschild radius} = 2M \cdot G / c^2 = 2 \cdot 10^{37} \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} / (3 \cdot 10^8)^2 = 1,48 \cdot 10^6$$

Vi kan beregne kernens radius hvis vi antager at den består af tætpakkede neutroner ved hjælp af neutronens radius $1,75 \cdot 10^{-15}$ og masse $1,7 \cdot 10^{-27}$

$$\text{Kernens radius} = \sqrt[3]{(10^{37} / 1,7 \cdot 10^{-27}) \cdot 1,75 \cdot 10^{-15}} = 3,01 \cdot 10^6$$

Lys kan derfor godt forlade kernen, så betegnelsen sort hul er næppe rimelig og vi kan ligeså godt kunne bruge betegnelsen neutronstjerne.

Hvis galaksekernen er 8 gange så massiv vil Schwarzschild radius blive ganget med 8 men kernens radius med 2. Så vil der være tale om et sort hul. Vi ved imidlertid ikke hvad der foregår inde i en neutronstjerne. Det er foreslået at neutronerne i det indre af en neutronstjerne degenererer til kvarker og optræder som en kvarksuppe. Kvarker har såvidt vides ingen tung masse. I sådan en hybridstjerne bliver den samlede masse mindre og der bliver ikke noget sort hul. Et problem har været at forklare hvad der forhindrer en neutronstjerne i at falde sammen til et punkt. Både kvarker og neutroner har spin $\frac{1}{2}$ og kaldes Fermipartikler. To Fermipartikler kan ikke være i samme tilstand og modsætter sig derfor at blive presset helt sammen.

Længst væk i det synlige univers ser man kvasarer der er ekstremt massive galaksekerner. De udsender enorme mængder elektromagnetisk stråling, men udstrålingen sker kun ved polerne. Det vil jeg prøve at forklare. Da kødbollerne er en del af gluonsuppen kan de også indeholde en mindre mængde antineutroner. Antineutronerne i gluonsuppen vil på grund af tiltrækning af sig selv samle sig i en indre kerne. Alle neutronerne vil efterhånden udgøre en ydre kappe, og galaksekernen vil i første omgang virke som en fredelig

neutronstjerne. Antineutronerne i kernen frastøder kappen og giver et stort tryk, der forhindrer neutronstjernen i at falde sammen. I neutrino-perioden hvor ildkuglerne eksploderer har galaksekernerne fået tilført bevægelsesmængdemoment og dermed rotation. Når en neutronstjerne roterer hurtigt bliver den fladtrykt ved polerne. Kernen af antineutroner deltager ikke i den rotation. Derfor vil der ved polerne være en tynd kappe, som antineutronerne frastøder og kan gennembryde. Her vil de annihilere med neutroner hvorved der udsendes store mængder stråling. Det er karakteristisk at kvasarer pulserer. Det kan muligvis forklares ved at kernen roterer på en anden måde end kappen og kun periodevis kommer tæt ved polerne.

Kvasarer udsender så meget energi, at de kun kan eksistere i en kort periode efter regenerationen. De lyssignaler vi får fra den periode kommer fra perifere områder af kontinentet. Kvasarer er ikke omgivet af stjerner men kun af gasskyer. Skyerne kan kun ses fordi de reflekterer eller absorberer stråling der kommer fra kvasarer. Det perifere område hvor kvasarerne befinder sig kaldes det mørke rum hvor der ikke er stjerner. Det bliver forklaret ved at så tidligt er stjernedannelsen ikke begyndt. Men det er nok mere sandsynligt at der aldrig bliver dannet galakser i de perifere områder. Ifølge massefordelingsmodellen ligning (2) er massetætheden lav i de perifere områder af kontinentet. Gassen skal have en vis tæthed for at samle sig til stjerner.

Spiralgalakserne

Materialet til protogalakserne er allerede skabt i gluonsuppen. Da suppen opløses er A og B områderne adskilt af enormt kraftige gravitationsfelter og masserne i de to områder bliver aldrig senere blandet. Temperaturen er enormt høj og den samme i A og B. Derfor er massetætheden og trykket næsten de samme i A og B. Kun i det indre af A formår gravitationsfeltet at opretholde en lidt større massetæthed. Den eksplosive udvidelse af protogalakserne sætter naboprotogalakser i rotation men det ændrer ikke på massen, massetætheden eller størrelsen af protogalakserne.

Efter neutrinofrigørelsen i A kontinentet består protogalakserne udenfor kernerne af en plasma af protoner og elektroner og en mindre andel heliumkerner. Det intergalaktiske rum er opfyldt af en plasma af de tilsvarende antipartikler. Antiplasmaens tæthed indstiller sig på samme niveau overalt udenfor protogalakserne. Plasmaen i protogalakserne indstiller sig også i en ligevægt bestemt af gravitationskraften fra den selv og centrifugalkraften. Muligvis spiller trykket af plasmaen også en rolle for ligevægten således at plasmaens massetæthed aftager med afstanden fra centrum. Jeg vil nu vise at trykket ikke har nævneværdig betydning.

For at finde ud af det vil jeg betragte en middelgalakse. Den samlede masse af stof og antistof i galakseuniverset har vi beregnet til $1,2 \cdot 10^{53}$ hvoraf halvdelen er galakser. Antallet af galakser er $1,5 \cdot 10^{11}$. Deraf får vi massen per middelprotogalakse

$$M = \frac{\frac{1}{2} * 1,2 * 10^{53}}{1,5 * 10^{11}} = 4 * 10^{41}$$

Til protogalaksen hører en tilsvarende masse af omgivende antiplasma. Radius for dette "råderum" for en galakse kan beregnes af galakseverdenens radius ved neutrinofrigørelsen $2,7 * 10^{20}$ og antallet af galakser

$$\text{råderum} = 2,7 * 10^{20} / \sqrt[3]{1,5 * 10^{11}} = 5,1 * 10^{16}$$

Under forudsætning af at protogalaksen er en kugle og at massetætheden er den samme for galaksen som for den intergalaktiske gas kan man beregne at selve protogalaksens radius ved neutrinofrigørelsen ville være $\sqrt[3]{0,5}$ af råderummet, altså

$$r = \sqrt[3]{0,5} * 5,1 * 10^{16} = 4,0 * 10^{16}$$

Vi benytter nu hastigheden af den yderste rand $v^2 = G * M / r$. Denne hastighed sættes lig med middelhastigheden af plasmaprotoner ved temperaturen T: $\frac{1}{2} * m * \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} * k * T$

$$\frac{1}{2} * m * G * M / r = \frac{3}{2} * k * T$$

$$T = \frac{m * G * M}{3 * k * r} \\ = \frac{1,7 * 10^{-27} * 6,67 * 10^{-11} * 4 * 10^{41}}{(3 * 1,38 * 10^{-23} * 4,0 * 10^{16})} = 2,7 * 10^{10}$$

Temperaturen ved neutrinofrigørelsen er imidlertid kun $T = 3 * 10^9$ og derfor vil protonernes bevægelse i hovedsagen være bestemt af rotationen og ikke af temperaturen og trykket.

For at forklare dannelsen af de typiske spiralgalakser er det nødvendigt at se på rotationen. Rotationen af protogalakserne er formentlig begyndt i neutrinoperioden. Her skete der en voldsom eksplosion i ildkuglerne hvorved protogalakserne blev påvirket af kraftige drejningsmomenter fra nærliggende protogalakser. I de tidlige stadier var afstanden mellem protogalakserne lille og af samme størrelsesorden som protogalaksernes radier. Med den korte afstand har protogalakserne påvirket hinanden meget. F. eks. Kunne galakser der var tæt på hinanden tiltrække hinanden så meget at den mellemliggende plasma af antistof blev presset væk og galakserne smeltede sammen. Dette ses meget ofte i de tidlige stadier.

Ved rotation af et legeme af stof, som påvirker sig selv med gravitation sker der en fladtrykning ved polerne så legemet ligner en fladtrykt bold, en ellipsoide. Dette skyldes centrifugalkraften. Dette sker også for en plasma. Hvis vi betragter en partikel i protogalaksen tæt ved overfladen så vil antistoffet udenfor overfladen frastøde partiklen vinkelret på overfladen ind mod protogalaksen. Påvirkningen vil presse protogalaksen sammen og modvirke udvidelsen af protogalaksen, men da antistoffet har lidt mindre massetæthed end stoffet i protogalaksen vil effekten være begrænset. Kun i ellipsoidens yderste rand kan virkningen af antigravitationen være betragtelig.

Plasmaen ved randen er tæt omgivet af antistof på alle sider undtagen i retning mod protogalaksens centrum. Det betyder at den resulterende kraft fra antistoffet på spiralarmen må være rettet mod centrum, og den vil virke som en svækkelse af centrifugalkraften. Samtidig virker gravitationen kun i en smal rumvinkel. Protogalaksen vil blive presset indad fra randen. Eller sagt på en anden måde: udvidelsen af protogalaksen vil blive mindre.

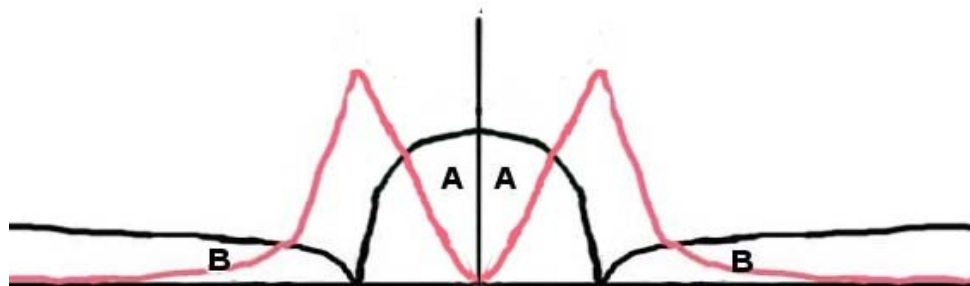
Den her nævnte randeffekt må også virke for de nuværende spiralgalakser. Rotationen i spiralgalakser er så hurtig at den ikke kan forstås ud fra den massetiltrækning der kommer fra de centrale dele i galaksen. Der burde være seks gange så stor masse. Derfor har man indført en mystisk mørk masse, der skulle forøge massetiltrækningen fra centrum. Denne gåde kan muligvis løses ved hjælp af antistof og randeffekten. Effekten vil kunne mærkes i de ydre spiralarme, hvor tiltrækningen fra centrum er svag. Netop der har man beregnet en uforklarlig stor kraft mod centrum.

Det er interessant at sammenligne de nuværende galaxers tykkelse med den tykkelse de ville have hvis de ikke var skrumpet. Jeg tager udgangspunkt i middelgalaksens radius ved neutrinofrigørelsen $4,0 \cdot 10^{16}$. Radius nu være $4,0 \cdot 10^{16} \cdot 1100 \cdot 1000 = 4,4 \cdot 10^{22}$. Mælkevejen er ca 3 gange så tung som middelgalaksen. For mælkevejen ville man forvente en diameter på $2^{\sqrt[3]{3}} \cdot 4,4 \cdot 10^{22} = 1,2 \cdot 10^{23}$. Mælkevejens diameter er 100000 ly = 10^{21} . Den er altså formindsket med en faktor 1200. Dette kan vel forklares ved den oprindelige stofkoncentration omkring kernen samt den omtalte randeffekt. Mælkevejens tykkelse med hensyn til stjerner sættes til 1000 ly = 10^{19} på det tykkeste sted. Den er altså formindsket med en faktor 12000. Der er sket en fladtrykning af galaksen eller sagt på en anden måde, tykkelsen har ikke deltaget i den almindelige udvidelse siden plasmafasen.

I plasmafasen er stoffet elektrisk ledende og ved rotationen vil elektromagnetiske kræfter også spille en rolle. De elektromagnetiske kræfter er langt større end gravitationskræfterne, men de virker i kortere afstande fordi elektronerne ikke kan fjerne sig langt fra protonerne. Den elektriske strøm på jorden sker ved at elektroner bevæger sig i forhold til et gitter af atomkerner. I den kosmiske plasma er det omvendt protonerne der bevæger sig i forhold til en sky af elektroner. Den elektriske strøm af protoner kan sættes i gang af gravitationen på protonerne eller trykket. I solens indre ved vi at magnetfelter styrer plasmaets bevægelser.

Hannes Alfven fik nobelprisen i 1970 for sit arbejde med magnetohydrodynamik. Jævnfør H. Alfven: *Cosmic Plasma*. 1981. Alfven havde også en kosmologisk teori der indbefatter antistof. Hans teori indebar ikke gravitationel frastødning mellem stof og antistof men derimod elektrisk frastødning. Han lod universet opstå af en kæmpegalakse af stof omgivet af antistof. Hans model holdt dog ikke for den forklarede ikke universets udvidelse og kæmpegalaksen ville falde fuldstændig sammen på grund af gravitationen. Der er i dag ingen større interesse for magnetohydrodynamik i kosmologien. Blandt andet fordi Alfvens kosmologi blev forkastet. Men det er sandsynligvis nødvendigt at tage hensyn til de magnetiske kræfter i plasmafasen for at forklare spiralgalaksernes form og størrelse. Dette er vist ikke prøvet før, men

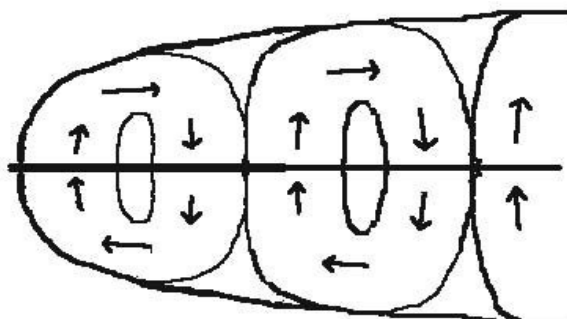
Jeg vil komme med et bud på hvordan de magnetiske og gravitationelle kræfter kan virke sammen.



Figur 5

Figuren viser en principskitse af forholdene i plasmafasen ved protogalaksen. Den vandrette linje er en akse vinkelret på galaksens symmetriplan. Hele stofområdet A er nu et meget smalt som følge af gravitationen fra A forstærket af antigravitation fra B. Potentialet er vist med rødt. Massetætheden er vist med sort. På grænsen mellem A og B ser man hvad der typisk sker når gas og antigas mødes. I grænselaget er der en stærk gravitation og antigravitation der bevirker at A og B massetæthederne falder brat og lige stærkt mod grænsen.

På grund af universets udvidelse har de to sider af A medbragt hver sin bevægelsesmængde rettet væk fra symmetriplanet. Disse bevægelsesmængder er bevaret og vil med tiden medføre at galaksen udvider sig og bliver tykkere. Bevægelsesmængden findes hos protonerne og de vil forsøge at bevæge sig væk fra symmetriplanet, hvor gravitationspåvirkningen er lille. Denne situation er ustabil og den vil medføre at mindre dele af protonerne vil strømme til den ene side og andre til den anden. Der vil opstå magnetiske strømrør. Formentlig noget lignende de strøme man kender fra solens indre.



Figur 6

Figuren illustrerer nogle af de magnetiske strømrør der kan tænkes at opstå. Vi

ser et snit vinkelret på symmetriplanet ved protogalaksens periferi. Den vandrette linie er symmetriplanet. Der er vist 2 strømår. I denne forbindelse skal det nævnes at ifølge Amperes lov vil ensrettede strømme tiltrække hinanden og modsat rettede strømme frastøde hinanden. De magnetiske strømme vil nå overfladen af protogalaksen og dreje om i en retning væk fra eller mod galaksens centrum og derefter dreje mod symmetriplanet. Da strømårene fortsætter igennem symmetriplanet vil strømmingen blande de to stofmængder med modsat rettede bevægelsesmængder. Efter denne blanding i plasmafase vil protogalaksens tykkelse ikke mere deltage i den universelle udvidelse. Det forklarer altså at spiralgalakserne er flade.

Hvert af de to strømår på figuren danner en celle hvis bevægelsesmængde er ensartet over hele cellen og nul vinkelret på symmetriplanet. Derimod har cellen en bevægelsesmængde rettet væk fra galaksens centrum. De celler der er længst fra centrum har den største bevægelsesmængde som konsekvens af den universelle udvidelse. Derfor vil galaksen fortsætte udvidelsen i radius retning. Når en del af galaksen forøger sin radius vil dens hastighed og vinkelhastighed aftage. Spiralgrenene er dannet på den måde og de vil hænge bagud i forhold til skiven.

På grund af rotationen og den store stoftæthed i spiralgalakserne begynder gassen at samle sig og danne stjerner. Det sker muligvis allerede i plasmafase og fortsætter den dag i dag. Kun de udvalgte partikler hvis hastighed er vinkelret på radius, parallel med galaksens symmetriplan og med en størrelse bestemt af $v^2 = G \cdot M / r$ vil fortsætte uforstyrret i en cirkelbane. Alle andre partikler vil før eller senere støde ind i en af de udvalgte og blive hængende der. Kun de største af de udvalgte vil kunne holde kursen efter sammenstødet og det er dem der bliver til stjerner. En lignende proces foregår ved dannelsen af planeterne i solsystemet. Stjernernes udvikling er beskrevet grundigt af mange og det vil jeg ikke komme ind på her.

Elliptiske galakser

En anden type galakser er de såkaldte elliptiske galakser, der har form som ellipsoider. De har en større masse og roterer langsommere og de er ikke ret meget fladtrykte. Desuden indeholder de røde stjerner, der tolkes som gamle og udbrændte. De producerer ikke nye stjerner. Deres egenskaber forklares ofte ved at de er resultat af sammenstød mellem spiralgalakser, hvorved den flade struktur er blevet ødelagt. Hubblesite har lige (juni 2017) offentliggjort fundet af en yderst fjern elliptisk rød galakse, MACS 2129-1. Den kan beskrives godt takket være en såkaldt optisk linse. At denne galakse skulle være gammel kan ikke forstås ud fra den traditionelle kosmologi, men ifølge antistofteorien kan de røde elliptiske galakser være dannet allerede i plasmafase.

Ellipsegalaksernes store masse og lille rotation skal nok forklares ved at de er opstået af isolerede kødboller i gluonsuppen. Hubble observationer har vist at de fjerne spiralgalakser ofte optræder i reder med 4-5 stykker, hvorimod

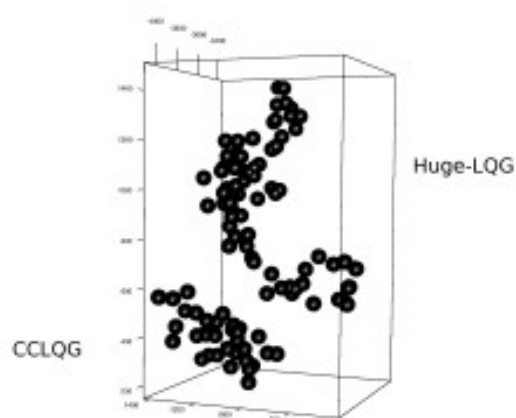
ellipsegalakser er mere isolerede. Ellipsegalakserne har ikke fået en påvirkning fra nærliggende protogalakser. Ellipsegalakserne har fået en stor kerne og en stor kappe fordi de har tiltrukket partikler fra et stort rådeområde. Ellipsegalaksernes plasma bliver tiltrukket af kernen og på grund af mindre rotation vil dele af plasmaen komme ind i baner tæt på kernen. Massetætheden og rotationshastigheden bliver så stor tæt på kernen at der kan dannes stjerner. Man har observeret at stjerner i ellipsegalakser bevæger sig radiale, hvorimod de bevæger sig tangentialt i spiralgalakser. Jeg forestiller mig at disse stjerner bevæger sig i langstrakte ellipsebaner noget lignende kometer i solsystemet. Stjernedannelse tæt på galaksekernen sker også men i mindre grad hos spiralgalakserne allerede i plasmafasen. Her roterer plasmaen mere og kommer ikke så tæt på kernen, hvor massetætheden er størst.

De fjerne Hubble observationer viste også nogle elliptiske galakser, der stadig var aktive. De var massive, men små og kraftigt hvidt lysende. Jeg tænker at de har stjerneagtig aktivitet tæt på kernen og er omgivet af en stor kappe af usynlig gas.

De fjerneste galakser findes i en afstand på ca 13 mia ly og længere væk findes et mørkt rum indtil mikrobølgebaggrunden som jeg har sat til en afstand på ca 15 mia ly. Dette fortolkes i Big Bang teorien, på grund af det tidspunkt lyssignalerne er udsendt på, sådan, at stjernerne først er dannet et stykke tid (ca 2 mia år) efter plasmafasens slutning. I antistofteorien er fortolkningen en helt anden. Massetætheden ved de yderste galakser er mindre end ved de centrale, Jeg har anslået ca 80% mindre. Ved udvidelsen til nu er masse tætheden faldet med en faktor $(1100)^3$. De protogalakser der findes længere ude end de fjerneste galakser har ikke dannet stjerner og de vil aldrig komme til det.

Der er en verden udenfor galakseuniverset

Den proces jeg her har skitseret med dannelsen af to kontinenter kan muligvis forklare at universet allerede i en tidlig fase ses at have en struktur. Den traditionelle Big Bang teori går ud fra at universet var en ensartet gas hvorefter galakserne blev dannet. Det er i overensstemmelse med "the cosmological principle", der siger at universet oprindeligt er ensartet fordi der gælder de samme love overalt. Det strider imidlertid mod observationer af kvasarer, der er galaksekerner i den tidlige fase af universet. Kvasarerne er mere koncentreret i nogle områder på himlen og har altså dannet en struktur.



Figur 6

<https://rogerclowes.wordpress.com/research-3/huge-lqg-the-huge-large-quasar-group/>

Formationer af galaksekerner fandtes allerede før galakserne havde udviklet sig. F.eks. har Roger Clowes registreret to samlinger af kvasarer kaldet Huge-LQG og CCLQG. Deres rødforskydning er ca $z=1,27$ svarende til at de ved lysudsendelsen fjernede sig med hastigheden $v=200.000$ km/sek. Ved hjælp af Hubbles lov kan man beregne deres afstand fra os til ca 9 mia lysår. Og længden af Huge-LQG kan da sættes til 4 mia lysår da lyset fra den blev udsendt. De to formationer af kvasarer har muligvis udviklet sig af to kontinenter A+B. Selve kvasarerne må stamme fra særligt store kødboller. De to formationer har i princippet samme opbygning som de to større kontinenter der indeholder vor galakseverden. Den synlige galakseverden i vort univers har en udbredelse 30 mia lys, men for længe siden havde den en udstrækning på 4 mia lysår. Huge-LQG kan derfor betragtes som en model der viser hvordan vort univers så ud på et tidligere tidspunkt.

Kimen til vort store kontinentpar er ifølge antistofteorien opstået på et tilfældigt sted og et tilfældigt tidspunkt. Vi kan derfor regne med at andre kontinentpar er opstået på et andet sted og et andet tidspunkt. Man kan tænke sig at vort kontinentpar opstår først og der siden opstår andre kontinentpar i nærheden. Disse nyere par vil ikke nå at vokse sig så store før de bliver standset i udviklingen af suppens omdannelse til plasma. Vi ender så op med kontinentpar i forskellige størrelser. De kan ligge udenfor hinanden, men også inde i hinanden. Kvasarformationen Huge-LQG + CCLQG kan være et eksempel på et sådant par, der har begyndt sin udvikling noget senere end vort eget par. Hvis det synlige univers er sammensat af flere kontinentpar bliver beskrivelsen af universets struktur kompliceret.

Ifølge antistofteorien udgør vort galakseunivers kun de indre dele af vort kontinentpar. Men alene opgaven med at beskrive det synlige univers struktur er enorm. Der er $1,5 \cdot 10^{11}$ galakser og der er forskellige måder at bestemme afstanden til dem på. Som før nævnt ville det være nyttigt at undersøge hvordan galaksetætheden afhænger af afstanden fra os i forskellige retninger. Derved kunne vi få viden om kontinenternes form og vor placering i forhold til kontinenterne.

Mange astronomer har arbejdet på at finde store formationer af galakser. I 2003 blev der fundet Sloan Great Wall med en udstrækning på 1,4 mia lysår. En anden metode er at undersøge gammaglimt GRB (Gamma Ray Bursts). Det er de stærkest strålende objekter der kendes og de varer kun få sekunder. Der er indtil 2015 fundet ca 2000. Vi ved ikke hvad de kommer fra, men jeg gætter på at to neutronstjerner har kollideret og frigjort antistof som så er annihileret med

stof. Disse gammaglimt findes langt ude i universet der hvor der er stor tæthed af galakser. Ungarnske astronomer har i 2013 fundet Great GRB Wall der har en udstrækning på 10 mia lysår. I 2015 er fundet Giant GRB Ring på 5,6 mia lysår.

Kontinentpar i gluonsuppen frastøder hinanden, og imellem dem der vil være et tomrum for kødboller. Man kunne forestille sig at der ville være et stort tomrum mellem kontinenterne, men det er der ikke. Mellemlummet indeholdt blandet stof og antistof, der forsvandt i plasmatilstanden ved annihilation og blev til elektromagnetisk stråling. Da kontinenterne udvidede sig bredte de sig uhindret ind i dette strålingsområde og fyldte tomrummet op. De to kontinenter har omgivet sig med interstellar plasmagas henholdsvis antiplasmagas. Senere er plasmagassen blevet til gas. Disse gasmængder frastøder hinanden og har forhindret kontinenterne i at smelte sammen.

En kortlægning af de tomme områder kunne være en måde at få et overblik over universets struktur. Det største hidtil fundne tomrum er Great Void med en afstand på 1,5 mia lysår og en udstrækning på 1,3 mia lysår offentliggjort 1988. Richard Brent Tully på Hawai observatoriet har fundet en lang række tomrum med udstrækning under 1 mia lysår. Disse tomrum er formentlig eksempler på at antistof har samlet sig i større sammenhængende områder. Jævnfør de bobler vi så på figur 5.

Det er nu netop hundrede år siden i foråret 1917 at Albert Einstein fremsatte sin teori om det statiske univers. På det tidspunkt vidste man intet om universets udvidelse og galakserne var ikke kendt. Men det måtte forventes at universet trak sig sammen idet det består af masser der tiltrækker hinanden. Eller også at masserne havde så stor hastighed væk fra hinanden, at massetiltrækningen aldrig kunne nå at bremse dem op. Einstein indførte da en konstant Λ (lambda) i sine ligninger. Den kaldes den kosmologiske konstant og den repræsenterer en frastødende kraft i universet. Der er bare den ulempe ved teorien at universet bliver ustabil. Hvis massedelen i universet for eks. udvider sig en lille smule så falder massetætheden, men Λ tætheden er den samme, og så vil universet udvide sig mere endnu. Einstein kaldte selv Λ for "the greatest blunder in my career". Siden Einstein har man forgæves forsøgt at finde den fysiske tilstedeværelse af Λ . Et af forslagene er "vakuumsenergi". Ifølge antistofteorien skyldes den frastødende kraft antistof. Men antistof er ikke som Λ en jævnt fordelt frastødning overalt.

Mon antistofteorien kan sige noget om universet udenfor den kendte galakseverden? Det kan jeg kun spekulere over men måske andre har fornuftige argumenter. Mikrobølgebaggrunden figur 4 viser at dele af kontinenterne udenfor galakseverdenen har været omdannet fra gluonsuppe til plasma. Kontinenternes yderdele indeholdt færre ildkugler, men vi må vel antage at hele kontinenterne er omdannet. Ved neutrinofrigørelsen er kødbollerne afkølet og energien er brugt til udvidelsen. Så stopper omdannelsen af gluonsuppen.

Det er muligt at omdannelsen af gluonsuppen stopper fordi der ikke er mere suppe udenfor kontinenterne. I så fald har vi nu et rent partikelunivers. Vi kan danne os et billede af fremtiden ved at se på galaksehobene og boblerne på

figur 4. Det intergalaktiske antistof vil danne stadig større bobler. Galakserne vil samle sig i hobe og smelte sammen. Det vil næppe være alt stof der kan samles omgivet af en stor boble af antigas for de yderste dele af stof vil ikke mærke nogen tiltrækkende masse der kan vende bevægelsen. Udvidelsen af de ydre dele vil fortsætte uendeligt. Samtidig vil de indre dele af stoffet i kontinentet koncentreres i et kæmpe sort hul. Tilsvarende for det andet kontinent.

Hvad der sker i gluonsuppen udenfor kontinenterne er dog et åbent spørgsmål. Her er der muligvis store områder af gluonsuppe uden kontinenter. Man kan spørge om suppen kan åbne et hul til vort partikelunivers. Vi ved ikke ret meget om gluonsuppens egenskaber. Den har ikke en tung masse men måske en træg masse. Den reagerer ikke med elektromagnetisk stråling. Når galakserne engang har samlet sig i to store sorte huller kan suppen måske lukke sig om dem igen så universet igen er tilbage i sin urtilstand.

Man kan i det hele taget undre sig over hvordan universet udenfor kontinenterne reagerer på den enorme udvidelse. Dertil kan man sige at der ikke er nogen reaktion. Ifølge relativitetsteorien kan intet signal og ingen påvirkning bevæge sig hurtigere end lyset. De ikke synlige områder ligger så langt væk, at de meget sent og måske aldrig mærker nogen påvirkning fordi de når at fjerne sig så meget at strålingen ikke kan nå dem eller når dem i en svækket form. Det er noget der sker så langt væk at vi aldrig kan få en reaktion.

Finn Rasmussen f@finse.dk

Hillerød juli 2017