

## 14. Formarea galaxiilor

### 14.1. Big Bang

Big Bangul începe cu o stare extrem de densă și sub presiune a Universului. În aceste condiții, Universul este dominat de radiații. Acest lucru ne spune că majoritatea energiei se află sub formă de protoni și de alte particule cu masă infimă, ce se deplasează cu viteze apropiate de cea a luminii. Pe măsură ce Big Bangul evoluează, temperatura descrește rapid și viteza particulelor scade drastic. În final, se ajunge la o stare nerelativistă a materiei, în care aceasta este suficient de masivă pentru a avea o viteză medie mult sub cea a luminii. Acest Univers se numește un Univers dominat de materie. Universul primar a fost unul dominat de radiație însă, cel prezent, este unul guvernat de materie.

#### Constituenții Big Bangului

Principalele elemente care au participat la acest eveniment au fost fotonii, protonii și neutronii, electronii și antiprotonii (antiparticulele electronilor), neutrino și antineutrino. Datorită echivalenței de masă și energie în Teoria Relativistă, într-un Univers dominat de radiație, materia și antimateria suferă un proces continuu de autoanihilare, iar fotonii pot colida și alcătui particule și antiparticule.

#### Prima 1/100 secundă

În acest stadiu, temperatura este de circa 100 miliarde de Kelvini iar densitatea este de 1 miliard de ori mai mare decât cea a apei. Universul se expandează rapid și este foarte fierbinte. El este constituit dintr-o „zeamă” de materie și radiație aflată în echilibru termic. Această temperatură corespunde unei energii a particulelor de 8,6 MeV. Electronii și pozitronii sunt în echilibru cu fotonii iar neutrinii și antineutrinii sunt în echilibru cu fotonii. În timp ce antineutrinii se combină cu protonii pentru a forma pozitroni și neutroni, neutrinii se asociază cu neutronii pentru a alcătui electroni și protoni. În această fază, numărul de protoni este aproximativ egal cu cel de neutroni.

#### Secunda 1/10

Temperatura a scăzut la circa 10 miliarde de grade Kelvin și densitatea e de aproximativ 10 milioane de ori mai mare decât cea a apei, iar Universul se mărește

În continuare. Deoarece un neutron liber este mai puțin stabil decât un proton liber, neutronii beta trec în protoni plus electroni plus neutrini cu un timp de înjumătățire de 17 minute. Astfel, balanța dintre neutroni și protoni tinde să încline în favoarea protonilor. Deși neutronul liber este instabil, în nuclee compacte el pot deveni stabil, astfel că neutronii vor continua să dispară până când se ajunge la cel mai simplu nucleu, cel de deuteriu. Cu toate acestea, nici un nucleu nu poate lua naștere încă pentru că temperatura implică o energie a particulelor de 2,6 MeV și deuteriul are o energie de legătură de 2,2 MeV și, deci, nu poate fi stabil la o astfel de temperatură.

### Prima secundă

Temperatura a scăzut la 10 miliarde de Kelvini și Universul continuă să se dilate. Densitatea a ajuns la 400.000 de ori densitatea apei. La această temperatură, neutrinii nu mai joacă un rol important însă deuteriul nu se poate forma încă.

### 13,8 secunde

Temperatura s-a diminuat până la 3 miliarde Kelvini iar energia particulelor a scăzut la 0,25 MeV. Este prea „rece” pentru ca fotonii să producă perechi electron-positron, așa că echilibrul termic nu se mai menține, iar electronii liberi încep să anihileze protonii pentru a forma fotonii. Deuteriul încă nu se poate forma iar neutronii continuă să se transforme în protoni.

### 3,45 minute și 45 secunde

În sfârșit, temperatura a ajuns la 1 miliard de Kelvini, suficientă ca nucleul de deuteriu să devină stabil. Astfel, încep reacții în lanț de formare a deuteriului. Deuteriul format interacionează cu neutroni și protoni pentru a genera particulele alfa.

### 35 de minute

Temperatura este de 300 milioane de Kelvini iar Universul este compus din protoni, excesul de electroni, particule alfa, fotonii, neutrini și antineutrini. Atomii nu se pot încă forma întrucât temperatura este prea mare pentru a ține la un loc protonii și electronii.

## 700 000 mii ani

Temperatura a scăzut la câteva mii de K și atomii de hidrogen încep să prindă formă. Până în acest moment, materia și radiația au fost în echilibru termic însă acum acesta începe să se rupă iar lumina absorbită până acum începe să străbată distanțe mari în spațiu.

## Crearea elementelor ușoare

Elementele ușoare formate în Big Bang sunt hidrogenul, heliul și litiul. Aceste elemente s-au produs pe de o parte, în timpul Big Bangului și într-o măsură mult mai mică, acestea se produc și în stele.

## Big Bang sau Univers stabil în timp

Una dintre teoriile care au precedat teoria Big Bangului a fost aceea a Universului static în timp. Principalele argumente pro Big Bang sunt:

- Observațiile cu radiotelescoape au concluzionat că Universul de astăzi nu seamănă cu cel din trecut când au existat mai mulți Quasari decât în prezent.
- Descoperirea radiației de fond a demonstrat existența Big Bangului, fiind foarte greu de demonstrat prezența ei în teoria Universului static.

## 14.2. Formarea galaxiilor

Investigațiile teoretice indică faptul că galaxiile s-au format dintr-un amestec de hidrogen și heliu. Aceste cercetări au arătat și faptul că în urma Big Bangului au rezultat două tipuri de materie, care au afectat formarea galaxiilor. Materia fie s-a aglomerat în formațiuni de milioane de ori mai mari decât galaxia Caleea Lactee, fie în formațiuni de milioane de ori mai mici decât masa galaxiei noastre. Superclusterelor de galaxii fac parte din prima categorie, iar clusterelor globulare din categoria a doua.

Pe măsură ce privim mai adânc în Univers, galaxiile par să emită tot mai multă lumină albastră din spectrul vizibil. Această lumină albastră este semnul că în interiorul lor se formează stele tinere, masive și foarte luminoase. Astronomii au mai observat că imaginile galaxiilor par a avea mai mult de un nucleu galactic (galaxia noastră văzută din spațiu are un singur nucleu). Investigațiile galaxiilor cu nuclee multiple aflate în imediata vecinătate au relevat faptul că aceste nuclee colidează

alcătuind un singur sistem de stele și gaz. Aceste coliziuni sunt puternice și au loc pe parcursul mai multor milioane de ani.

În adâncimea spațiului există adevărate cazuri în care coliziunea dintre galaxii mici duce la formarea de galaxii masive și foarte luminoase. Acest tip de anihilare pare să fi fost mai frecvent în trecutul îndepărtat, iar galaxiile actuale pot să fi ajuns la dimensiunile actuale datorită acestui proces de anihilare a galaxiilor mai mici.