

# BÜYÜK PATLAMA ve KOZMİK ENFLASYON-EVRENİN KISA TARİHİ

Prof. Dr.Namık Kemal Pak  
ODTÜ Fizik Bölümü

## 1. Büyük Patlama

Gökyüzü tarih boyunca insanoğlu için merak konusu olmuştur. İnsanlar yaşadıkları dünyanın ve gökyüzündeki yıldızların ve tüm evrenin nasıl oluştuğunu anlamaya çalışmışlardır. Evrenin anlaşılması yolunda ortaya atılan devrim niteliğinde üç fikir vardır. İlki Ptolemy'nin ikinci yüzyılda ortaya attığı “ Dünya-merkezli evren modeli” dir. İkincisi onaltıncı yüzyılda Nicolaus Copernicus tarafından ortaya atılmış “ Güneş-merkezli evren modeli”dir. Üçüncü ve en radikal fikir ise yirminci yüzyılın ilk çeyreğinde ortaya atılmış olan Büyük Patlama Kuramı’dır.

Evrenbilimde yirminci yüzyılın devrimi evrenin genişlediğinin keşfi olmuştur. 1920’lerden önce ki dönemde evrenin durağan olduğuna ve merkezinin de Samanyolu galaksimiz olduğuna inanılıyordu. Bu dünya görüşü sarmal bulutsuların sistematik uzaklaşma hareketi ölçüldüğünde bir sarsıntı geçirdi, sonunda da 1929 yılında Hubble galaksilerden gelen ışığı incelerken frekansındaki kırmızıya kayma ile galaksilerin dünyamıza olan uzaklıkları arasında bir ilişki buldu. Hubble yasası olarak bilinen bu fikre göre galaksiler bize göre bir görünür hızla sahiptirler. Bunlardan en yüksek görünür hızla hareket edenler en uzak olanlarıdır. “Galaksiler arasındaki uzaklık artmakta olduğuna göre, bunların hepsinin geçmişte bir arada olmaları gerekmektedir” çıkarsamama ulaşılmıştır.

Büyük patlama teorisini doğrulayan gözlemsel ikinci bir kanıt ise Kozmik Mikrodalga Arkaplan (CMB) ışmasıdır. Bu önemli keşif 1965 yılında Penzias ve Wilson tarafından Bell laboratuvarında yaptıkları çalışmalar sırasında gerçekleştirilmiştir. Bu keşif, evreni dolduran, her yönden dünya üzerine gelen, bilinen kaynak türleri ile açıklanamayan bir elektromanyetik dalga yayılımının varlığını kanıtlamıştı.

Optik teleskopların gözlemlerinden elde edilen fotoğraflardaki yıldızlar ve galaksiler arası siyah görünen ortamda bu arkaplan ışması bulunmaktadır. Penzias ve Wilson’un yaptığı gözlemler bu ışmanın 2.7 K (-270.3 santigrad dereceye tekabül eder) sıcaklıkta 1.9 mm’de maksimum değerine ulaşan bir kara cisim ışması dağılımına sahip olduğunu göstermişlerdir. Dalga boyu 1.9 mm olan elektromanyetik ışma “mikrodalga” bölgesinde kaldığından Penzias ve Wilson’un keşfine “kozmetik mikrodalga arkaplan ışması” adı verilmiştir.

Büyük Patlamadan hemen sonrasında evren çok sıcak bir enerji plazmasından oluşmaktaydı. Bu plazma ışık, kuarklar, leptonlar ve kuarkları bir arada tutan zamparçacığından oluşmaktaydı. Evrenin sıcaklığı düştükçe zamparçacıkların kuarklara yapışma şiddeti arttı, öyle ki bir süre sonra kuarklar bir araya gelerek hadronları yani proton ve nötronları oluşturdu. Ardından hadronlar ve elektronlar bir araya gelerek atomları oluşturdu. Başlarda ortamda serbest olarak dolaşan yüklü parçacıklar meydana gelen ışmayı kolayca soğuruyorlardı ve ışık bu yüklü parçacıklar sisteminde bir anlamda tuzaklanmış gibi oluyordu. Ne var ki yüklü parçacıklar birleşip de atomları meydana getirdikçe ışığın etkileşebileceği yüklü parçacık sayısı azaldı; yani ışma daha az soğuruldu ve bu nedenle tuzaktan kurtularak uzaya yayıldı. Bu ışma, ki Penzias ve

Wilson'un bulduğu şeyin ta kendisidir, fark edilir edilmez bilim adamları şu soruyu sordular: Bu ışınımı kullanarak ışınımın ne zaman, nasıl bir kaynaktan başladığını bulabilir miyiz? Böylelikle evrenin atomların ilk oluştuğu ve ışığın atomlardan saçılmayı kestiği eski halinin bir fotoğrafını çekmiş olur muyuz?. Bu sorunun yanıtı evetti ve beklendiği gibi artık “erken evren” gözlenebilecekti.

Evrenin oluşumunun ilk üç dakikasında foton sıcaklığı proton ve nötrondan döteryum oluşturacak kadar düşmüştü ( $p + n \rightarrow d + \gamma$ ). Bu zamandan önce sadece foton vardı ve bu an itibarıyla bir takım reaksiyonların gerçekleştiği nükleosentez (yani çekirdeklerin sentezlenmesi) sürecine girilmiş oldu. İşte bu sıcaklıkta nükleosentez ya da hafif elementler oluşmaya başladı. Çok kısa bir zaman aralığında protonlar ve nötronlar çarpışarak döteryumu, döteryumlar, protonlar ve nötronlarla çarpışarak helyumu ve trityumu oluşturdular.

Helyum oranının % 23'ün altında olduğu bir yerin bulunmayışı bu elementin evrenin çok sıcak bir anında meydana geldiğinin kanıtıdır ve bu Büyük Patlama teorisinin köşe taşıdır. Evrendeki sıcaklık bu reaksiyonların gerçekleşmesi için gerekli kritik değerin altına düştüğünde nükleosentez durdu (BB'dan yaklaşık 13 dakika sonra) ve sonraki 300 000 yıl boyunca başka bir reaksiyon olmadı. Evren genişlemeye ve soğumaya devam etti, öyle ki evrendeki fotonun enerjisi hidrojeni iyonize edip proton ve nötron oluşturmaya yetecek kadar büyüktü. Foton enerjisi bu değerin altına düşünce elektronlar protonlarla bir araya geldiler ve böylelikle “atom” daha doğrusu hidrojen atomu oluştu. Bu tür ‘atomik sentezleme’ başladığında evrenin sahip olduğu elektrik yükü azalmaya başladı. Artık fotonun etkileşime gireceği yüklü parçacıklar azalmaya başlamıştır ve evren ışımaya başlamıştır (zira fotonu soğurmak artık zorlaşmıştır). Etkileşmeden kurtulan ve uzaya serbestçe yayılan fotonların frekansı evrenin genişlemesi nedeniyle kırmızıya kayar. Bu ışıma da yaklaşık 14 milyar yıl sonra kozmik mikrodalga arkaplan ışınması olarak keşfedilecektir.

## 2.Kozmik Enflasyon

1980 başlarında Guth ve diğerleri, Büyük Patlama'nın problemlerine bir çözüm getirmek amacıyla “şişme” (kozmetik enflasyon) ile düzeltilmiş Büyük Patlama Kuramı'nı öne sürmüşlerdir. Genel olarak şişme, standart Büyük Patlama'da olduğu gibi evrenin genişlemesinin “kuvvet yasası” (mesafenin belli bir kuvveti) olarak değil “üstel” olması anlamına gelir. Şişme, evrenin hemen başlangıçta, ilk  $10^{-35}$  -  $10^{-33}$  saniye aralığında çok kısa süren, ancak üstel olarak  $10^{30}$  kat büyüyerek devasa bir şekil aldığı döneme verilen isimdir.

Bunu açıklamak için BB sırasında muazzam bir enerji ile etrafa saçılan parçacıkları (radyasyonu) geri toparlayarak bütünlüğü korumaya çalışan kütleçekim kuvvetini yenen bir “basınç kaynağının” ihtiyaç vardır.. Bu kaynak, Genel Göreliliğe göre yavaş değişen bir skaler (spinsiz) alandır ki buna şişirici denmektedir. Örneğin, CERN'de geçen yıl keşfedilen Higgs parçacığı da bir şişirici ödevi görebilir; bu konudaki çalışmalar çok yoğun bir biçimde sürdürülmektedir.

Özetlemek gerekirse, şişmenin işlevi şu şekilde açıklanabilir: Başlangıçta çok sıcak olan foton gazı yalnızca normal termal basınca sahiptir. Sıcaklık, ışınım basıncı negatif basınç ile karşılaştırılabilir kadar düştüğünde, üstel genişlemeye neden olan negatif bir basınç kuvveti

ortaya çıkar. Kütle çekiminin uyguladığı çekici kuvvetin tersine, negatif basınç iticidir. Şişmeden sorumlu olan işte bu itici etkidir.

Şişme, büyük patlamadan yalnızca  $10^{-35}$  saniye sonra başladı. Üstel genişleme hızı, evren ölçeğinin izleyen her  $10^{-35}$  saniyede iki katına çıktığı anlamına geliyordu. Her ne kadar şişme büyük patlamadan  $10^{-35}$  saniye sonra başladıysa da  $10^{-33}$  saniye sonra da durmuştur. Bu noktadan sonra evren genişlemesini, ölçeğini iki katına çıkarmak için gereken zaman sürekli olarak artacak bir biçimde sürdürdü. Enflasyon sırasında iki kat genişleme  $10^{-35}$  saniyesürüyordu. Bugün ise iki kat genişleme için gereken zaman 10 milyar yıldır.

### 3.Kozmik Kronoloji

Kozmik zaman boyunca evrenin tarihindeki belli başlı olaylar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

**Zaman  $\approx 10^{-43}$  saniye:** Evrenin doğum anı denilebilecek bu zamandaki boyutu bir protondan bile küçük (yani bir metrenin milyar kere milyonda biri) ve sıcaklığı  $10^{32}$  K civarındadır. Uzay-zamanın bu safhasında kuantum titreşimleri bugün varlığına tanık olduğumuz galaksilerin, yıldızların, gezegenlerin tohumları niteliğindedir.

**Zaman  $\approx 10^{-34}$  saniye:** Evren bu anlarda şişme (kozmetik enflasyon) safhasına girmiş ve büyüklüğünü  $10^{30}$  kat artırmıştır. Evren adeta fotonlardan, kuarklardan ve leptonlardan meydana gelen yaklaşık  $10^{27}$  K sıcaklığında bir çorba gibidir bu aşamada.

**Zaman  $\approx 10^{-12}$  saniye:** Evren bu anlarda kuarklar ile zımparacıklarının oluşturduğu bir çorba (plazma) şeklindedir. CERN'deki LHC-ALICE Deney'inde bu çorba gözlemlenmeye çalışılmaktadır.

**Zaman  $\approx 10^{-4}$  s :** Bu anda kuarklar bir araya gelerek hadronları (protonlar ve nötronlar) ve bunların karşıt-parçacıklarını meydana getirirler. Evren daha yavaş genişlemeye ve soğumaya başlamıştır. Parçacıklar ve antiparçacıklar birbirleriyle çarpışarlar ve foton ve diğer parçacıklara dönüşürler.

**Zaman  $\approx 3$  dakika :** Artık evren protonların ve nötronların birbirleriyle çarpışıp elementleri oluşturabileceği kadar soğumuştur. Bu sürede  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$  ve  $^7\text{Li}$  oluşmuştur. Ayrıca bu safhada çok fazla ışınım vardır; fakat eskiye oranla alabileceği serbest yol daha azdır çünkü dalgalar atomlarla ve parçacıklarla çarpışmaktadır.

**Zaman  $\approx 379\ 000$  yıl :** Sıcaklık artık  $2970$  K'e kadar düşmüş, elektronlar çekirdeklere bağlanmış, atomlar oluşmuştur. Işık nötr parçacıklarla etkileşmediği için daha uzun bir yayılma mesafesine sahip olmuştur. Bu ışınım Kozmik Arkaplan Işımasıdır (CMB). Hidrojen ve helyum atomları kütleçekim sayesinde bir araya gelip yıldızları ve galaksilerin oluşumunu başlatırlar ve bunun sonucu olarak artık evren daha karanlıktır.

**Zaman  $\approx 14$  milyar yıl :** Bu gün etrafımızda bulunan gözlemlenebilen evren  $10^{28}$  cm büyüklüğüne ulaşmış, düz, izotropik ve homojen bir yapıdır. Einstein'ın kütleçekim kuramının mevcut evreni tasvir edebilmesi için evrendeki toplam maddenin yalnızca % 4'ü bizler gibi atomlardan oluşmalı, kalan miktarın % 23'ü Karanlık Madde ve % 73'ü de Karanlık Enerji olmalıdır. Bu yapı WMAP, PLANCK, BICEP gibi çalışmalarda esas alınarak test edilen modeldir.

Karanlık Madde spiral galaksilerin düz dönme eğrilerini açıklamakla kalmaz bizzat yıldızlar gibi yapıların oluşumunda görev alır. Karanlık Enerji ise son evrede evrenin genişlemesindeki

hızlanmayı açıklamak için gereken, en basit örneği de Einstein'ın kozmolojik sabiti olan enerji türüdür.

#### **4.Son Söz**

Son olarak vurgularsak, Büyük Patlama denildiğinde akla birşeyin patlaması gibi bir olay gelmektedir fakat bu yanlıştır. Büyük Patlama Genel Çekim teorisi çerçevesinde doğru bir yorumla “uzay-zamanın başlangıcı” demektir. Uzayın bir noktasından bakan biri Büyük Patlama buradan başladı diyemez; işte bu nedenden ötürü evren uzaydaki herhangi bir yerden başladı diyemeyiz.

Aynı zamanda Büyük Patlama'dan önceki zamandan bahsetmek de mümkün değildir zira “zaman” kavramı (ve uzay kavramı) evrenin oluşmasıyla başlar. Büyük Patlama'yla meydana gelen evrenimizin hangi zaman aralıklarında nasıl bir yapıya sahip olduğunu tahmin edebilir ve dolaylı-dolaysız bir takım gözlemlerle sınavabiliriz. Son derece yüksek sıcaklık ve yoğunluktaki ve de son derece küçük hacimdeki bir noktacı olan evrenin “gümlemesi” bir kuantum olasılığına dayanmaktadır. Ancak, gravitasyonun bir kuantum teorisi henüz mevcut olmadığından, gerek bu olasılığın hesabı, gerekse evrenin o aşamasının tam olarak anlaşılması mevcut bilgilerimizle mümkün değildir. Bu bakımdan uzay ve zamanın başlangıç durumları gibi sorular şimdilik fizik-metafizik sınırında kalmayı sürdürecektir.