

OLBERS PARADOKSU ÇÖZÜLDÜ

Salih KARAALI*

Evrede sınırsız sayılabilecek kadar çok galaksi vardır ve bunlar uzayda düzenli olarak dağılmışlardır. Bir galaksi çok miktarda ışık yayınlıyor, buna rağmen geceleri gökyüzü tam olarak aydınlanmıyor. Bir Alman fizikçi ve amatör astronom olan Heinrich Wilhelm Olbers, daha 1826 yılında, düzenli, sonsuz oları ve değişmeyen yıldızları içeren bir evrende, uzağa baktığımız zaman onların birçoğunu görebilmemiz gerektiğini ileri sürmüştür. Ona göre bakış doğrultumuzda bulunan yıldızlar gökyüzünün ortalama bir yıldız yüzeyi kadar parlak görülmesini sağlamalıydı. Halbuki durum böyle olmayıp, geceleri gökyüzü karanlık gözüküyor. Bu düşünce o zamanlardan beri *Olbers paradoksu* olarak bilinir.

Astronomların % 20'sine göre, geceleri gökyüzünün karanlık görülmesinin sebebi, galaksilerin birbirinden uzaklaşması ve bu sebepten ışıklarının kırmızıya kayarak sönükleşmesi; % 30'una göre ise, galaksilerin yaşının sonlu olması ve henüz uzayı yeterince parlak yapacak kadar zaman geçmemesidir. Geriye kalanlar ise, her iki etkeni kabul etmekte, fakat hangisinin daha önemli olduğunu söyleyememektedirler.

Olbers paradoksu günümüzde Kanada'nın Waterloo Üniversitesi bilim adamlarından Paul S. Wesson tarafından çözülmüştür. Aşağıda bu çözümü veriyoruz.

GÖKYÜZÜ TAM OLARAK KARANLIK DEĞİLDİR

Önce şunun belirtilmesi gerekir: Gökyüzü tam olarak karanlık değildir! Gerçekten, parlaklığını gösteren bir harita küçümsenmeyecek sayıda foton bulunduğunu gösteriyor. Bununla beraber bunların hemen hemen tamamı, kendi galaksimizdeki yıldızlardan geliyor ve diğer galaksilerin ayrı görüntülerini teleskoplarda görebilsek de, bunların toplam dağınık ışığı farkedemeyeceğimiz kadar sönüktür.

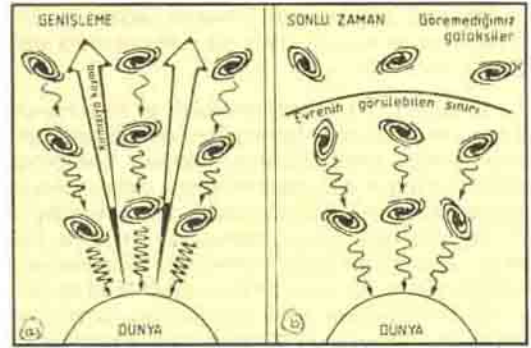
Üç varsayımdan hareket edeceğiz:

1) Galaksiler küçük uzaklıklarda toplanmış olmakla beraber, büyük uzaklıklara göre ortalaması alınırsa, düzenli bir dağılımları vardır.

2) Sınırsız bir topluluk oluştururlar; yani sonsuza giderler.

3) Galaksilerin kırmızıya kaymaları vardır; bu da bizden ve birbirinden uzaklaştıklarını gösterir.

Bundan başka galaksilerin yaşının 15×10^9 yıl ol-



Olbers paradoksuna göre, astronomların evrende bulunan sonsuz sayıda galaksiden gelen parlaklığı görmeleri gerekir. Gerçekte ise, bu galaksilerden gelen ışık, iki etkenden dolayı sınırlıdır: Evrenin genişlemesi sonucunda çok uzakta bulunan cisimlerden gelen fotonlar kırmızıya kaymakta ve sönükleşmekte (a) ve evrenin genç olması sebebi ile ancak belirli bir uzaklığa kadar olan cisimler görülebilmektedir (b). Her iki etken uzun yıllardan beri tartışıldığı halde, yaş etkeninin daha önemli olduğu ancak son yıllarda anlaşılabilmektedir.

duğunu ve bunun "büyük patlama"dan itibaren geçen zamanı da gösterdiğini göz önüne alacağız.

GENİŞLEME VE YAŞ ETKENİ GALAKSİLERARASI UZAYIN KARANLIK OLMASINI NASIL SAĞLIYOR?

Evrenin genişlemesi galaksilerarası ışığı sönükleştirmede iki türlü rol oynar:

1) Galaksiler birbirinden uzaklaştığından ve uzayın hacmi büyüdüğünden, birim hacim başına düşen foton sayısı - ve bundan dolayı ışığın şiddeti - azalır.

2) Galaksiler uzaklaştığından, yayınladıkları fotonlar kırmızıya kayar; böylece her fotonun gerçek enerjisi zayıflamış olur (Şek. 1a).

Diğer taraftan galaksilerin sonlu yaşta oluşu, bunların galaksilerarası uzayı parlak yapacak kadar foton yayımlamadıklarını gösteriyor (Galaksilerle yıldızların oluşumundan önce etrafta çok az ışın fotonu olduğunu varsayacağız). Bu, en azından yaş etkeninin anlaşılmasını sağlar. Bundan başka Olbers paradoksuna karşı olan ve geometrik olarak anlatılabilen bir yöntem daha vardır. Fikir babası Olbers olan bu yöntem, ışığın gelme zamanı ile ilgilidir:

Daha büyük uzaklıklarda bulunan galaksileri gözlediğimiz zaman ışıklarının gelme zamanı artıyor ve onları çok önceki şekilleri ile görüyoruz. Çok uzak galaksileri, prensip olarak, oluştukları 15×10^9 yıl önceki şekli ile görürüz (uygulamada bu zordur; çünkü bu galaksiler çok uzakta olup çok sönüktürler). O halde etrafımızda yarıçapı 15×10^9 ışık yılı olan sanal bir küre yüzeyi vardır ve bunun üzerinde bulunan galaksiler, prensip olarak, tam oluştukları zamanki şekli ile görünürler. Bu sanal kürenin dışında kalan galaksileri göremeyiz (Şek. 1b). Bu yüzeyin yarıçapı, sade-

* A.Ü. Fen Fak. Astronomi Ana Bilim Dalı.

ce yaşa bağlı olmayıp ışığın hızına da bağlıdır. Işık hızı daha büyük olsaydı, daha çok uzay ve daha çok galaksi içerecekti.

Fakat ışığın hızına bağlı olmadan, bu hız sonlu olduğu sürece, *galaksi oluşum yüzeyi sadece sonlu sayıda galaksi içerir*. Böylece, uzaklara baktığımız zaman, Olbers'in düşüncesinin tersine olarak, sonsuz sayıda ışık kaynağı görmüyoruz ve geceleyin gökyüzü istenildiği kadar parlak olamaz. Bunun yerine, biz yaşları ile ışık hızının çarpımından daha yakın olan galaksileri görebiliriz. Yukarıda konu edilen küre içindeki galaksilerin sayısı sınırlı olduğundan, uzayın ve geceleyin, gökyüzünün parlaklığı da sınırlı olmalıdır.

HANGİSİ DAHA ETKİN?

Uzayın karanlık olmasına sebep olan genişleme ve yaş olaylarından hangisinin daha etkin olduğunu söyleyebilmek için, galaksilerden elde edilen üç önemli büyüklük kullanılacak.

Birinci büyüklük, evrende aydınlanmış maddenin her birim kütlesinin yayımladığı, enerjinin ortalama üretim hızı olup, saniye ve gram başına 0,2 erg'dir; $\epsilon = 0,2 \text{ erg/s.gr}$.

İkinci büyüklük aydınlanmış maddenin ortalama yoğunluğu olup, cm^3 başına 2×10^{-31} gramdır; $\rho = 2 \times 10^{-31} \text{ gr/cm}^3$.

Üçüncüsü galaksilerin yaşı olup, $t = 1,5 \times 10^{10}$ yıl veya 5×10^{17} saniyedir.

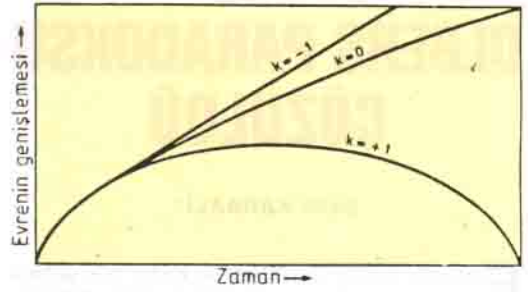
Bu üç miktarın çarpımı $2 \times 10^{-14} \text{ erg/cm}^3$ olup, bir enerji yoğunluğudur. Bunu ışık hızı ($3 \times 10^{10} \text{ cm/s}$) ile çarparsak, $6 \times 10^{-4} \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{s}$ bulunur ki, bu bir *ışık şiddetidir*. Bu miktar, relativistik etkilerin bulunmadığı bir *statik* evrende Olbers ışığının şiddetidir.

Evrenin genişlemesi durumunda, bu hesaplanan ışık şiddeti daha azdır; o halde bulunan bu değer bir üst değerdir. Görülüyor ki, evren *genişlememiş* olsa bile ışık ciddeti cm^2 ve saniye başına 10^{-3} veya 10^{-4} erg olacaktı ve bu sebepten dolayı, galaksilerarası uzay karanlık olacaktı.

Yukarıda bulunan miktar, evrenin genişlemesi etkisinin önemli olamayacağını gösteriyor. Bununla beraber tam bir değer elde etmek için, Einstein'ın genel rölativite teorisini içeren kozmoloji modellerini göz önüne almamız gerekir. Bu şekilde statik ve genişleyen evrene ait ışık şiddetlerini hesapladığımız zaman, bunlardan hangisinin daha etkin olduğunu söyleyebiliriz.

Astronomlar, genel rölativite teorisinin içerdiği k sabitine göre, büyük patlamadan sonraki genişlemenin üç türlü olabileceğini düşünmektedirler:

- 1) $k = +1$ için evren genişler ve sonra büzülür,
- 2) $k = 0$ için evren genişler, fakat zamanla yavaşlar ve statik duruma geçer.
- 3) $k = -1$ için evren hızlı bir şekilde sonsuza kadar genişler (Şek. 2).



Astronomlar, genel rölativite teorisinin ifadesinde yer alan k sabitine bağlı olarak, büyük patlamadan sonra evrenin üç önemli evrim yolu ile genişleyebileceğini düşünmektedirler. $k = +1$ ise, evren genişler ve sonra büzülür; $k = 0$ ise, evren genişler, fakat zamanla yavaşlar ve sonra statik duruma geçer; $k = -1$ ise, evren hızlı bir şekilde sonsuza kadar genişler.

Bu standart modellerden her biri, birçok "altmodel" içerir ve tümü dikkate alındığı zaman 1000 kadar durumu göz önüne almak gerekir.

VE CEVAP...

Yapılan hesaplar, genişleyen bir evrene ait galaksilerarası ışığın şiddetinin, genişlemeyen bir evreninkine oranının 1'den küçük olduğunu gösteriyor; tipik değer 1/2'dir. O halde evrenin genişlemesi galaksilerin ışığını 2 kat kadar azaltır. Bu durum, statik bir evrende bile gökyüzünün çok karanlık olmasını gerektiriyor.

Bu sonuç, Olbers paradoksunu çözer: Geceleri gökyüzünün karanlık görülmesinin sebebi, evrenin genç olmasındandır; genişlemesinden dolayı değildir.

Evrenin genişlediğini kabul eden modeller üzerindeki bilgisayar sonuçlarına göre, galaksilerarası ışık şiddetinin $0,0002 \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{sec}$ olduğunu da kaydedelim.

SİZ OLSAYDINIZ!

(Satranç Dünyası'nın çözümleri.)

Çözüm : I 1.Kf1! Fxf6 2.exf6 + Şg6 3.Af4! + Şxg5 4.Vh5 + Şxf4 5.Kf1 + Şe3 6.Vf3 mat (Rönkkö-Elo, Pori 1986)

Çözüm II : 1..Vh5 2.Ah2 Vxh4!! 3.gxh4 Ff3 + 4.Şf1 (4.Ag4 Kxg4 + 5.Şf1 Kag8 ve mat) 4..Fg2 + 5.Şg1 Ah3 + 6.Vxh3 Fxh3 + 7.Şf1 Fg2 8.Şg1 d5 kazanır (9.Fxd5 Fxe4 + 10.Şf1 Fxd5) (Balashov-Tchechlov, Riga 1986).

Çözüm III : 1.Fg6!! (1..fxg6? 2.Ve6 + Ve7 3.Vxc8 +) 1..Kc7 2.Kxf7! Kxf7 3.Kf1 Khf8 4.Ve6 + Ve7 5.Vc8 + Vd8 6.Fxf7 + Kxf7 7.Vxd8 + Şxd8 8.Kxf7 kazanır (Prandstetter-Vanka, Prag 1986)