

Karanlık Enerji Zayıflıyor mu?

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Kozmolojinin standart modelinde karanlık enerji, kozmolojik sabitle açıklanır. Ancak son bilimsel çalışmalar, karanlık enerjinin zannedilen aksine zamanla değiştiğine işaret ediyor. Elde edilen bulgular, henüz konu hakkında net bir sonuca varılmasını sağlayacak istatistiksel kesinliğe sahip değil. Ancak ilerleyen yıllarda bu iddianın doğrulanması kozmolojide çok önemli gelişmelere yol açabilir.

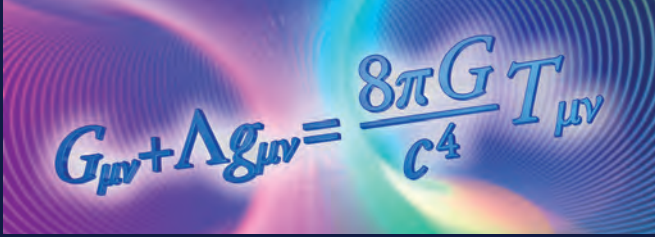


Karanlık Enerji

Evrenin zamanla genişlemesi, genel görelilik kuramının tahminleri arasında yer alır. Bu tahmin gözlemlerle de doğrulanır. Evrende hangi yöne bakarsanız bakın, istisnasız tüm uzak gökadalardan hızla Dünya'dan uzaklaşmakta olduğunu görürsünüz.

Genel görelilik kuramında uzayın zamanla genişlemesinin nedeni madde ve enerjinin varlığıdır. Dolayısıyla evren giderek genişledikçe, madde ve enerji yoğunluğunun azalmasına bağlı olarak uzayın genişleme hızının azalması beklenir. Ancak gözlemler, beklenenin aksine uzayın genişleme hızının artmakta olduğunu gösteriyor.

Günümüzde evrenin genişleme hızının giderek artması, doğasının ne olduğu tam olarak bilinmeyen bir tür "karanlık enerjinin" varlığı ile açıklanıyor. Kısaca Λ CDM olarak adlandırılan kozmolojinin standart modelinde Λ sembolüyle ifade edilen kozmolojik sabit, evreni homojen bir biçimde doldurduğu varsayılan karanlık enerjiye karşılık geliyor.


$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Einstein Alan Denklemi

Kozmolojik Sabit

Kozmolojik sabit kavramı esasen karanlık enerji kavramından daha eski. Albert Einstein, genel görelilik kuramının ilk matematiksel formülasyonunu yaptığında denklemlerin uzayın zamanla genişlediği sonucunu verdiğini fark etmişti. Ancak o dönemler fizikçiler arasında evrenin statik olduğu düşüncesi hakimdi. Einstein da statik bir evren modeli oluşturmak için genel göreliliğin alan denklemlerine kozmolojik sabiti eklemişti. İlerleyen yıllarda gözlemlerin, evrenin statik olmadığını, uzayın zamanla giderek genişlediğini göstermesinden

sonra kozmolojik sabit genel görelilik denklemlerinden çıkarılarak orijinal formülasyona geri dönüldü. Evrenin giderek hızlanan genişlemesini açıklamak için karanlık enerjinin varlığının öne sürülmesinden sonraysa kozmolojik sabit yeniden genel görelilik kuramında kendine yer edindi.

Λ CDM modelindeki kozmolojik sabit, adından da anlaşılacağı gibi zamanla değişmeyen bir büyüklüğü ifade eder. Kozmolojik sabitin, boşluğun enerjisine karşılık geldiği söylenir. Genişlemeye beraber uzayın hacmi arttıkça evrendeki toplam karanlık enerji miktarı da artar. Kozmolojinin standart modeline göre, uzayın genişlemesinin giderek hızlanmasının nedeni de tüm uzayı homojen bir biçimde dolduran bu boşluk enerjisinin zamanla artmasıdır.

DESI

ABD'nin Arizona eyaletindeki Kitt Peak Ulusal Gözlemevinde kısaca DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) olarak adlandırılan, karanlık enerjinin doğası ile ilgili bilimsel araştırmalara odaklanan bir cihaz bulunuyor. DESI İş Birliği adıyla çalışmalar yapan bir grup araştırmacı, DESI'nin topladığı verileri kullanarak evrenin milyarlarca yıl içinde nasıl genişlediğini inceliyor.

DESI teleskobu gökyüzünü tarayarak farklı zamanlara ait evren haritaları çıkarıyor. DESI araştırmacıları da karanlık enerjinin sabit ya da değişken olduğunu öne süren kuramları kullanarak yapılan tahminlerin elde edilen verilerle ne ölçüde uyumlu olduğunu inceleyerek karanlık enerjini doğası hakkında fikir edinmeye çalışıyor.

DESI'nin Mayıs 2021-Haziran 2022 döneminde yaptığı gözlemlerle yaklaşık 6 milyon gökadanın günümüzden 2-12 milyar yıl önceki konumları belirlenmişti. DESI araştırmacılarının yaptığı çalışmalar, bu veriler tek başına ele alındığında, Λ CDM modeli kullanılarak yapılan tahminlerin gözlemlerle uyumlu olduğunu

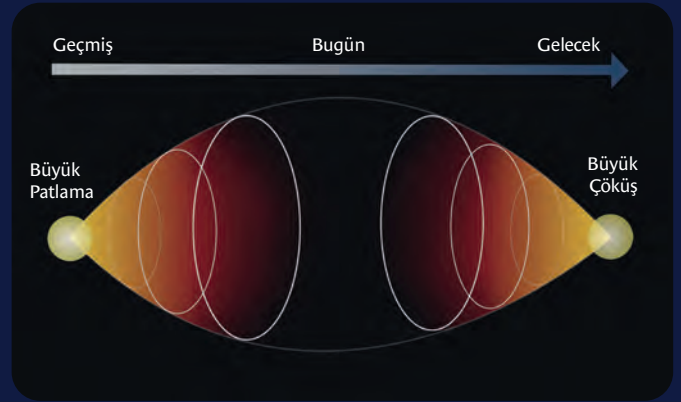


Kitt Peak Ulusal Gözlemevi

gösteriyor. Ancak DESI verileri, yakın zamanlarda çıkarılmış üç ayrı süpernova haritasındaki verilerle bir arada analiz edildiğinde, kozmolojinin standart modeline dayalı tahminlerle uyumsuzluklar ortaya çıkmaya başlıyor. Hangi süpernova haritasının kullanıldığına bağlı olarak sonuçlarda $2,5\sigma$, $3,5\sigma$ ya da $3,9\sigma$ sapma görülüyor. Başka bir deyişle elde edilen ortalama sonuçlarla kuramsal tahminler arasında verilerdeki standart sapmanın (σ) $2,5$, $3,5$ ya da $3,9$ katı fark var. Fizikte, elde edilen bir sonucun anlamlı kabul edilmesi için sapmanın 5σ 'nın üzerinde olması gerektiği kabul edilir. Dolayısıyla şu an için kuramsal tahminler ile gözlemsel veriler arasındaki farkın kozmolojinin standart modelini yanlışladığı söylenemiyor. Analizlerin ortaya çıkardığı sapmaların sadece istatistiksel olması ihtimali de var. Yine de üç ayrı süpernova haritasındaki verilerin birbirine paralel sonuçlar vermesi önemli bulunuyor.

Araştırmacıların elde ettiği sonuçlar, karanlık enerjinin sabit olmadığına, zamanla zayıfladığına işaret ediyor. Gelecekte yapılacak çalışmaların bu çıkarımı doğrulaması kozmolojide önemli gelişmelere yol açabilir.

Eğer karanlık enerji zamanla zayıflıyorsa, bir kozmolojik sabitle açıklanamaz. Aksine karanlık enerji büyüklüğü çok yavaş bir biçimde de olsa değişen, Büyük Patlamayı tetiklemiş bir alan olabilir.



Eğer karanlık enerji giderek zayıflıyorsa uzak gelecekte bir gün uzay daralmaya başlayabilir. Bu durum evrenin bir Büyük Çöküş ile sonlanmasına yol açabilir.

Karanlık enerjinin zamanla zayıflaması, evrenin geleceği açısından da önemli. Eğer kozmolojik sabitin değeri gelecekte bir gün sıfırın “yeteri kadar” altına düşerse, uzay daralmaya da başlayabilir. Bu durum evrenin uzak gelecekte bir Büyük Çöküş ile sonlanmasına yol açabilir. ■

Kaynak

DESI Collaboration, “DESI 2024 VI: Cosmological Constraints from the Measurements of Baryon Acoustic Oscillations”, arXiv, <https://arxiv.org/abs/2404.03002>, 2024.