

Aybike EDİZ^{1,2}, Can BATTAL KILINÇ¹
¹Ege Üniversitesi, ²Yüksek Lisans Öğrencisi

Özet

İçinde bulunduğumuz evreni anlamamız için gerekli parametrelerden bir tanesi yoğunluk parametresidir. Bu çalışmada, yoğunluk parametresinin öneminden ve onu oluşturan bileşenlerden bahsedeceğiz. Bu bazda içerdiğimiz, Standart Evren Modeli çerçevesinde yoğunluk parametresinin yalnızca %5'lik bir diliminin (Bambi ve Dolgov, 2016) görünen maddeden oluştuğu, geri kalanın ise gözlemlenemediğimiz karanlık madde DM ve karanlık enerjiden (DE) oluştuğunu anlatmaktadır. Bu bağlamda DM ve DE'ye işaret eden gözlemleri ve potansiyel adaylarının neler olabileceğinden bahsedeceğiz. Ayrıca, Einstein alan denklemlerine eklemeler yaparak karanlık enerji ve karanlık maddeye ihtiyaç duymadan farklı çözümler öneren Standart Model dışındaki alternatif modellere de mevcuttur. Bu çalışma kozmolojideki mevcut zorluklara dikkat çekmekte ve kozmosun daha kapsamlı bir anlayışına ulaşmak için gözlemlere ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır.

Giriş

İçinde yaşadığımız evreni şu anda Friedmann modeliyle anlatıyoruz. Friedmann modeli bize evrenin kaderinin açık, kapalı ya da düz olduğunu söylüyor. Bu kaderi anlamak için de yoğunluk parametresine ihtiyacımız var. Evrende bulunan madde yoğunluğu kritik yoğunluk olarak tanımlanan yoğunluk parametresinden büyük ya da küçük olduğuna göre içinde yaşadığımız evreni nasıl bir geleceğin beklediği görülür.

1. Friedmann Modeli

Evrenimizin yapısını, doğasını ve evrimini anlayabilmek için bir modele ihtiyacımız var. Yapılan çalışmalar gözlemsel verilerle birleştirilerek modeller üretilmektedir. Yapılan modellerde şu anki gözlemlerle en tutarlı olan, homojen, izotrop ve genişleyen evreni temsil eden (1.1) denklemlerle verilen Robertson-Walker metriğidir. (1.1) denkleminde elde edilen (1.2) ve (1.3) denklemlerinin çözümleri evrenin geleceğiyle ilgili üç seçenek sunuyor; açık, kapalı ve düz evren (şekil 1). Bu denklemlerden evrenin ölçek yarıçapının zamanla nasıl değiştiği elde edilmektedir. Denklemden k parametresini çekerek (1.4) bağıntısında gördüğümüz kritik yoğunluk (ρ_c) parametresine ulaşılmaktadır. Evrenin alabileceği şekli anlatan yoğunluk parametresi (Ω), (1.5) denkleminde gördüğümüz ρ/ρ_c 'ye eşittir. Kritik yoğunluk bize evrenin geometrisini anlatacağı için oldukça önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yaşadığımız evrenin açık, kapalı ya da düz olduğunu öğrenmek için gerekli parametrelerden biri (1.1) metriğinde gördüğümüz ivmelenme parametresi $a(t)$, diğeri de yoğunluk parametresidir Ω . İvmelenme parametresini çok hassas bir şekilde ölçmenin zorluğundan dolayı yoğunluk parametresi önemli hale gelmektedir.

Evrendeki yoğunluk parametresi şu anki gözlemlere göre $\Omega = 1$ olduğu düz evreni işaret ediyor. İçeriğine bakacak olursak, mevcut yoğunluk parametresini görünür madde miktarı (baryonik) $\Omega_b = 0.046$, karanlık madde $\Omega_{DM} = 0.23$ ve karanlık enerji $\Omega_E = 0.73$ oranında oluşturmaktadır (Rubakov and Gorbunov, 2011). Burada gözlemlerden (yıldızlar, gaz-toz) elde edilen yoğunluk parametresinin çok çok az olduğu görülmektedir. Bu durum, yoğunluk parametresini elde etmek için görünür madde haricinde diğer bileşenleri de incelememiz gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda, yoğunluk parametresine katkılarından dolayı evrenimizin nihai kaderini anlayabilmek için karanlık madde (DM) ve karanlık enerji (DE) olarak adlandırılan kavramları anlamamız gerekmektedir.

4. Sonuç

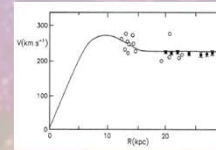
Evrenin kaderini anlamamız için gerekli olan yoğunluk parametresi bileşenlerinden karanlık enerji ve karanlık madde şuan için doğasını tam olarak tanımlayamadığımız bir yapı olarak görünmektedir. Çünkü bunlar çalışmamızda da ifade ettiğimiz gibi henüz gözlemlerle elde edilemeyen adaylardır. Ayrıca Einstein alan denklemlerinde evrenin geometrisine yapılan değişikliklerle alternatif modeller oluşturulmaktadır. Newton Dinamiğinin ve Kütleçekiminin Düzenlenmesi, Tensor-Vektör-Skaler Teorisi, Einstein-Hilbert Etkisinin Düzenlenmesi gibi şimdiki kadar önerilen alternatif modeller ise yukarıda bahsettiğimiz gözlemsel gereklilikleri karşılayamamaktadır. Görüldüğü gibi şu anda kadar tüm gözlem verilerini karşılayabilen kusursuz bir model bulunamamıştır bu nedenle bu alanlarda çalışmalar devam etmektedir.

Kaynaklar

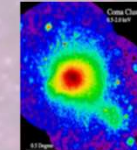
- Ediz, Aybike., Kılınç, Can Battal., 2023, Evrenin Madde İçeriği. Dip. Çal, Ege Üniversitesi.
- Bambi, C. and Dolgov, A. D., 2016, Introduction to Particle Cosmology: The Standard Model of Cosmology and its Open Problems, Springer, Berlin, 12-16p, 207-209p.
- Efstathiou, G., et al., 2006, General Relativity: An Introduction for Physicists. Cambridge University Press, 386-393p.

2. Karanlık Madde

Yapılan bazı gözlemler bizlere görünür maddenin haricinde maddeyle etkileşime girmeyen, göremediğimiz bir yapının varlığına işaret etmektedir.



Şekil 2 Dönme eğrisi, gökadanın yarıçapı ile radyal hızı arasındaki ilişkidir. Sarmal gökadalarda merkezden uzaklaştıkça hızda düşme beklerken sabit kaldığını görüyoruz. Bu da gözlenemeyen maddenin varlığını göstermektedir (Liddle, 2015).



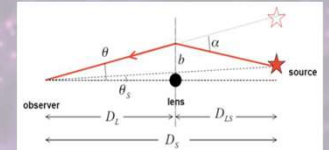
Şekil 3 Gökada kümelerinin X-ışın ölçümleri, kümeye ait baryonik formdaki toplam kütle hesaplamak için kullanılabilir. Ancak küme üyelerinin radyal hızlarındaki dağılım, kümenin bir arada kalması için hesaplanandan daha fazla miktarda madde gerektiğini göstermektedir. Bu da karanlık maddeyi gerektirmektedir (Ryden, 2006).

Bu karanlık madde ne olabilir dediğimizde ise;

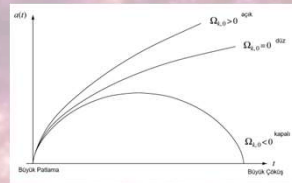
- Büyük Kompakt Halo Nesneleri (MACHOS)** – Gözlemini yapamadığımız baryonik kökenli cisimler: ölü yıldızlar, kara delikler, kahverengi cüceler.
- Sıcak Karanlık Madde** – Baryonik olmayan bu cisimlerin büyük patlama döneminin ilk anlarında ortaya çıkan nötrinolar olduğu düşünülmektedir.
- Soğuk Karanlık Madde** – Baryonik olmayan bu cisimler ise evrenin daha geç dönemlerinde ortaya çıktığı düşünülen teorik parçacıklardır. Axionlar, WIMPS ve egzotik parçacıklar sayılabilir.

3. Karanlık Enerji

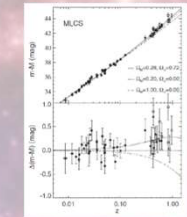
2000'li yıllarda yapılan süpernova gözlemlerinden (şekil 5) evrenin hızlanarak genişlediği ortaya çıktı. Ancak beklenen, evrendeki genişlemenin yavaşlayarak ilerlemesiydi. Bu gözlemler evrenin uzamsal genişemesi hakkındaki anlayışımızı değiştiren karanlık enerjinin etkisini de anlamamıza yardımcı olmuştur. Bu genişlemeyi sağlayan şeyin ne olabileceği düşünüldüğünde ise bir vakum enerjisi, Quintessence, Tachyon, Phantom, Quintom, halografik karanlık enerji vb. olarak adlandırılan adaylar ortaya atılmaktadır. Bu da yine teorik olarak ileri sürülen, ölçülemeyen ve etkileşime girmeyen maddenin varlığını göstermektedir.



Şekil 4 Kütleçekimsel Merceklenme, uzak bir cismin arkasındaki kaynağın ışığını saptırmasıdır. Sapma miktarından lens etkisi yapan gökadanın kütle ölçülebilmektedir. Bu ölçümler, görünen madde miktarının üzerinde bir kütle ve dolayısıyla karanlık maddenin varlığını işaret etmektedir (Efstathiou et al., 2006).



Şekil 1 Yoğunluk parametresinin aldığı değerlere göre evrenin şekli (Hobson et al., 2006).



Şekil 5 Süpernovaların parlaklık dağılımı grafiği (Gorbunov and Rubakov, 2011)

- Hobson, M. et al., 2006, General Relativity. Cambridge University Press, Cambridge, 400-410p. DOI: 10.1017/CBO9780511790904.
- Liddle, R.A., 2015, An Introduction to Modern Cosmology (3rd ed.), Wiley, Edinburgh, 67-76p.
- Rubakov, V. A., and Gorbunov, D. S., 2011, Introduction to the Theory of the Early Universe: Cosmological Perturbations and Inflationary Theory. World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 61-89p.
- Ryden, B., 2006, Introduction to Cosmology. Cambridge University Press, 144-175p.