Asuman Nura Altınöz
asumannura.altinoz@ogr.iu.edu.tr

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Sinan Aliş

KARANLIK MADDE

ÖZET

Karanlık madde, evrende büyük ölçekli yapıları incelediğimiz zaman bildiğimiz fizik yasalarına ters düşen gözlemleri açıklayabildiğimiz, günümüzde en çok kabul gören olgulardan bir tanesidir. Karanlık maddenin varlığının kabul görmesinin en önemli sebeplerinden biri spiral galaksilerin dönme eğrileridir.

Şekil - 1: Vera C. Rubin

Şekil - 2: Vera Rubin Gözlemevi

VERA COOPER RUBIN (1928-2016)

Vera C. Rubin erkeklerin egemen olduğu bilim camiasında bir kadın olarak çalışmalarını azimle sürdürerek, evrenin en büyük gizemlerinden biri olan karanlık maddeyi gözlemsel olarak ispatlayan ilk bilim insanıdır.

Rubin, Kent Ford tarafından geliştirilen görüntü tüpü spektrografını kullanabilecek bir astronom arayan Department of Terrestrial Magnetism (DTM)' de işe girdi.

İlk olarak 1933'te Fritz Zwicky tarafından öne sürülen, ancak Rubin ve Ford bulgularını açıklayana kadar çoğu bilim adamı tarafından reddedilen, karanlık maddenin varlığına dair ikna edici kanıtlar sağladı. Bu gözlemler spiral galaksilerde, galaksinin dış kısımlarındaki madde ile merkezi kısımdaki maddenin aynı hızlarda döndüğünü gözlemsel olarak ispatlamış oldu.

Evrendeki maddenin çoğunun karanlık madde olduğunu gözlemsel astronomi alanındaki öncü araştırmalarından ötürü 1993 yılında ulusal bilim madalyasını kazanmıştır.

Vera Rubin, 25 Aralık 2016'da 88 yaşında yaşamını yitirdi.

2019' da Şili'de bulunan LSST (Large Synoptic Survey Telescope) Vera C. Rubin gözlemevi olarak yeniden isimlendirildi. Rubin Gözlemevi, on yıllık araştırma boyunca her gece yaklaşık 20 terabayt veri üretecek. Legacy Survey of Space and Time (LSST) adında bir gökyüzü tarama programı tanımlandı.

Üç gecede bir bütün güney yarımküreyi gözlemleyecek. Gözlemevinin en önemli bilim hedeflerinden bir tanesi de karanlık madde ve karanlık enerjinin doğasını anlamaktır.

SPİRAL GALAKSİLERİN DÖNME EĞRİSİ

Evrendeki sistemlere baktığımız zaman Newton ve Kepler yasalarına uygun hareket ettiklerini gözlemleriz. Örneğin Güneş Sistemini ele alalım. Sistemimizin toplam kütlesinin %99.9'unu güneş oluşturmaktadır. Kepler'in Üçüncü Yasasından yola çıkarsak bu kütleye yakın olan cismin, uzak olan cisme göre daha hızlı döneceğini söyleyebiliriz. Bu çıkarımın galaksiler içinde aynı olacağını kabul ederiz. Onlarda da ana kütle merkezdedir bu nedenle galaksinin dış kısımlarındaki madde iç kısımlarındaki maddeye göre daha yavaş dönmelidir.

Bir galaksinin dönme eğrisini elde etmek için öncelikle onun çok düzgün bir dairesel dönüşünün olduğunu ve küresel simetrik yani her yönden eşit özelliklere sahip olduğunu kabul etmeliyiz.

Galaksinin dönme eğrisi bizim bakış doğrultumuza doğru bir 'i' açısı oluşturur. Diskteki görünür hızı diskte ölçülen bir φ açısıyla ölçersek, bakış doğrultumuzdaki hızı yani radyal (dikine) hızı şu şekilde bulabiliriz;

$$V_r(R,i) = V_{sys} + V(R)\sin i \cdot \cos\varphi$$

Eğer radyal hızı bulursak i açısını ölçebiliriz. Daha sonra tüm dönme eğrisini elde ederiz. Galaksinin radyal hızını Doppler kaymasından hesaplayabiliriz. Optikte H_{alfa} spektral çizgisini ve radyo dalga boyunda ise hidrojenin 21 cm çizgisini ölçerek dönme eğrisini elde edebiliriz. Bu eğriyi gaz diskinden çıkartabiliriz. Gaz diskin en büyük avantajı, galaksinin görünür, maddesel diskinden çok daha uzaklara erişebilir olmasıdır.

Bu ölçümlerden elde ettiğimiz grafikler bize düz ve hatta yükselen dönme eğrileri verir.

Eğer diskteki toplam kütle sadece gazdan ve görünen maddeden ibaret olsaydı radyal hız uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak azalırdı. Ancak elde ettiğimiz sonuçlar bize karanlık maddenin varlığını ispatlar.

Karanlık maddeyi 2 gruba ayırabiliriz;

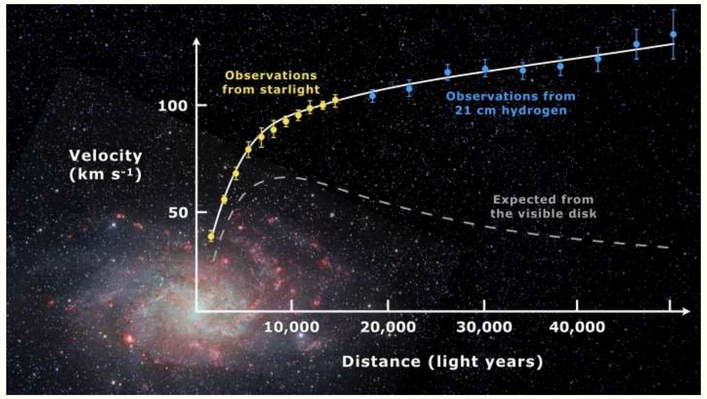
1. Sıcak karanlık madde (HDM) → yüksek hızlarda hafif parçacıklar v = c
2. Soğuk karanlık madde (CDM) → düşük hızlarda ağır parçacıklar v << c

Nötrinolar, sıcak karanlık maddeye aday olarak gösteriliyorlardı. Yalnızca kütleçekimi ve birkaç madde ile etkileşime geçerler. Çok hafif olmaları sebebiyle kütlelerinin olmadığı düşünülüyordu. Ancak son çalışmalarla beraber nötrinoların da çok az bir kütleye sahip olduğu bulunmuştur. Ve nötrinoların galaksilerin kütlelerine önemli bir katkı sağlamadığı da ispatlanmıştır.

Günümüzde yapılan çalışmalar ise soğuk karanlık madde üzerine yoğunlaşmıştır. Parçacık fizikçileri tarafından çok fazla teorik parçacık öne sürülmektedir. Ancak henüz tam anlamıyla keşfedilememiştir.

KARANLIK MADDENİN VARLIĞIYLA İLGİLİ BAZI ÇIKARIMLARDAN BAHSEDECEK OLURSAK;

1. Büyük yarıçaplarda dinamik olarak baskındır.
2. Yıldız ve gaz diskinden çok daha uzaklara dağılım gösteren bir yapısı vardır.
3. Dönme eğrisi yüksekse karanlık madde halosunun kütlesi fazladır. Eğer fazla düz ise karanlık madde halosu çok geniş olmalıdır.
4. Düşük parlaklığa sahip galaksiler karanlık madde açısından daha zengindir ve genel olarak parlaklık azaldıkça karanlık madde fraksiyonunda bir artış olur.



Şekil - 3: Messier 33 spiral galaksisinin görseli ve dönme eğrisi

HALOLAR

Peki bu görünmez madde nerede ve ne şekilde yer almaktadır?

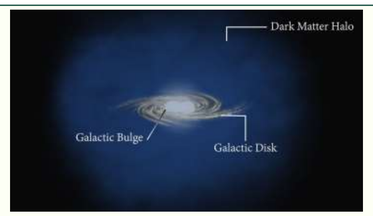
Karanlık maddenin büyük çoğunluğu kütleçekimsel olarak, yığınlar halinde duran galaksi ve galaksi kümelerinin etrafını saran karanlık madde haloları şeklindedir.

Halolar kozmik ölçekli yapıların formasyonlarının bir sonucudur.

Görünür madde, elektromanyetik olarak diğer maddelerle ve çevresiyle özellikle ışıkla etkileşime geçebildiği için ağırlıklı olarak bir arada toplanabilir, bağlanabilir.

Öte yandan, karanlık madde, gördüğümüz kadarıyla yalnızca kütleçekimsel olarak etkileşime girer. Karanlık madde elektromanyetik açıdan etkileşime girmediği için galaksi merkezinden dışarıya doğru büyük mesafelere uzandığı görülmektedir.

Haloları inceleyerek onları oluşturan parçacıklar hakkında bilgi sahibi olmaya çalıştığımızı ifade edebiliriz.



Şekil - 4: Karanlık madde halo tasviri (Jaramillo and O Macias, Virginia Tech)

ÇALIŞMALARDA HANGİ AŞAMADAYIZ?

1 temmuz 2023 tarihinde Avrupa Uzay Ajansı (ESA) Euclid adındaki teleskobunu uzaya fırlattı.

Euclid, karanlık Evrenin evrimini keşfetmek için tasarlandı. Gökyüzünün üçte birinden fazlasında, 10 milyar ışık yılı uzaklığa kadar milyarlarca galaksiyi gözlemleyerek, evrenin üç boyutlu bir haritasını oluşturması bekleniyor. Bilim insanları karanlık maddenin gerçekte ne olduğu konusunda emin değiller. Euclid, Evrenin son 10 milyar yılda evrimini gözlemleyerek onun nasıl genişlediğini ve kozmik tarih boyunca yapının nasıl oluştuğunu ortaya çıkaracaktır. Gökbilimciler bundan karanlık enerjinin, karanlık maddenin ve kütleçekiminin özelliklerini inceleyerek daha fazla bilgi edineceklerdir.

Şekil - 5: IC 342 spiral galaksisinin Euclid teleskobu tarafından çekilmiş görüntüsü

kaynakça