

Galaksi Grupları ve Kümeleri

1- Yerel Galaksi Grupları

2- Galaksi Kümeleri

3- Kütle Tahminleri

4- Ölçeklendirme İlişkileri


5- X-Işın Radyasyonu

6- Maddenin Geniş Ölçekli Dağılımı

7- Kümelerin Oluşumu ve Geniş Ölçekli Yapı

- Samanyolu galaksisi dışında yapılan araştırmalar tüm çevremizin galaksilerle kaplı olduğunu ortaya çıkartmıştır.
- Hubble Uzay Teleskobu ile alınan görüntüler gibi derin alan görüntüleri çok uzak mesafelerde bile çok sayıda galaksi bulunduğunu göstermiştir.
- Bu galaksiler homojen bir şekilde dağılım göstermemektedirler.
Öyle ki, büyükten küçüğe tüm ölçeklerde fakat oldukça büyük mesafelerde var olan bir yapının içinde bulunmaktadırlar.
- Küçük ölçek aralıklarında, galaksilerin bir kısmı, onlarca ile binlerce yerel galaksinin birleşiminden oluşan gruplar ya da kümeler halinde bulunur.
- Galaksi grupları ya da kümeleri kozmik yapının oluşum sürecinde meydana gelen birbirine kütle çekimiyle bağlı bilinen en büyük cisimlerdir. Evrenin geniş ölçekli yapısının en yoğun bölgesini oluştururlar.
- Galaksi kümeleri tipik olarak birkaç Mpc çapından daha büyük değillerdir.
Ancak bu kümeler bir araya gelerek onlarca Mpc çapına ulaşabilen süper kümeleri oluşturabilirler.
- Daha büyük ölçeklerde ise Evren'deki madde, yüksek galaksi yoğunluğuna sahip bölgelerin ipliksi yapılar (filament) ve tabakalar (sheet) ile bağlandığı üç boyutlu bir ağa benzemektedir. Bu yapılar çok az sayıda galaksinin bulunduğu büyük boşlukları (void) çevrelemektedir.

Yerel Galaksi Grupları

- Galaksi grupları, galaksilerin bir araya gelerek oluşturdukları ve geniş bir karanlık madde halosu içinde bulunan en küçük yapılardır.
 - Grup üyeleri ortak kütle çekimi ve karanlık madde halosunun varlığı nedeniyle fiziksel olarak birbirine bağlıdır.
 - Genellikle 1 ile 2 Mpc çapındadırlar ve 50'den fazla galaksi içermezler. **Kümelere ve gruplar arasında belirgin bir sınır yoktur ancak kütle olarak farklıdırlar.**
 - Galaksi kümelerine kıyasla düşük kütlelidirler. Kütleleri yaklaşık olarak $10^{13} M_{\odot}$.
 - Galaksi evrimi ve oluşumunu anlamak açısından önemli laboratuvarlardır.
- 
- Galaksi grupları düşük hız dağılımlarına ve yeterince yüksek yoğunluklara sahip oldukları için, hız dağılımları yüksek olan kümelere kıyasla etkileşim ve birleşme gibi galaksi evrim süreçlerine daha sık sahne olurlar.

- Samanyolu, **yerel grup** olarak adlandırılan az sayıda galaksinin bir araya gelerek oluşturduğu yaklaşık 10 milyon ışık yılı çapında bir gruba üyedir.
- Bu grupta, Samanyolu ve Andromeda galaksileriyle birlikte Üçgen (Triangulum) galaksisi baskın durumdadır.
- Galaksimiz, Büyük ve Küçük Macellan bulutsularını da içine alan bir düzine uydu galaksiye sahiptir.
- Samanyoluna en yakın galaksiler ise Büyük köpek (Canis Major) and Yay (Sagittarius) cüce galaksileridir.
- Yay galaksisi, tedirginlik etkilerinden dolayı bozulmuş bir yapıya sahiptir.
- Yerel gruptaki galaksilerinden en büyüğü Andromeda galaksisidir. Bu sarmal galaksi kütlece Samanyolu'ndan biraz daha büyüktür ve 0.8 Mpc uzaklığıyla çıplak gözle görülebilecek en uzak cisimdir. Samanyolu ile Andromeda galaksisi 120 km/s hızla birbirlerine doğru hareket etmektedirler.

Triangulum (M33) galaksisi

- Yerel grup üyelerinden birçoğu Samanyolu'ndan çok daha düşük kütlelidir.
- Andromeda ve Samanyolu'ndan sonra kütlesi en büyük üyeler Macellan Bulutsuları ve en uzakta bulunan sarmal galaksi Triangulum'dur
- Bu galaksilerden her biri Samanyolu'ndan yaklaşık 10 kat daha düşük kütlelidir. Geri kalan galaksiler, kütleleri Samanyolu'nun yüzde birkaçı kadar olan cüce eliptik galaksilerdir.
- M32 galaksisi Andromeda'nın küçük yoldaşdır.
- Samanyolu'nun içinde bulunduğu yerel grubun, geçici bir galaksi demetinden değil kütle çekimiyle birbirine bağlı galaksilerden oluştuğu neredeyse kesindir.
- Her bir grup elemanı, tüm yerel grubun çekim etkisi tarafından belirlenen bir yörüngede hareket etmektedir. Dahası, bu bağlı sistemde bulunan galaksiler, kümeler arasında bir çarpışmanın veya tedirginlik etkilerinin bir sonucu olarak atılmadıkları sürece sistemden kaçamazlar.

Galaksi Kümeleri

- Birkaç Mpc çapındaki bir hacim içinde 50'den fazla parlak galaksi bulunduran topluluklardır.
- Bir küme içindeki galaksilerin sayısı ne kadar fazla olursa olsun, fiziksel boyut olarak çok fazla değişiklik göstermezler.
- Bir kümenin boyutu yerel bir grubun çapından çok farklı değildir.

Şekil 4.3: Galaksi kümelerinin optik görüntüleri. (a) Samanyolundan 20 Mpc uzakta bulunan Virgo galaksi kümesi. (b) Galaksimizden 100 Mpc uzakta bulunan Coma kümesi.

- Bu iki örnek, kümelerin bazı farklılık ve çeşitliliğini ortaya koymaktadır.
- Galaksimizden 100 Mpc uzakta bulunan Coma kümesi küresel olarak simetrik bir kümedir ve temel olarak eliptik galaksilerden oluşmaktadır.
- Diğer taraftan, 20 Mpc uzakta bulunan Virgo kümesinin biçimi çok daha düzensizdir ve eliptik ve sarmal galaksilerin bir karışımından oluşmaktadır.
- Her iki kümenin ortak bir özelliği ise binlerce galaksi içeriyor olmalarıdır.

- Galaksi dağılımı ile ilgili çalışma yapmak için en bilinen yol, geniş gökyüzü alanlarının fotoğrafını çekmek ve sonra resimlerde görünen galaksilerin düzenini analiz etmektir.
- Galaksiler sönük cisimler olma eğilimindedirler ve bu yüzden de geniş açıklığa sahip teleskoplar ve uzun poz süreleri gereklidir.
- İlk büyük araştırma Harlow Shapley ve Adelaide Ames tarafından 1250 galaksinin pozisyonlarının kataloglanmasıyla yapılmıştır.
- Galaksilerin uzayda rastgele dağılmadıklarına dair ilk güçlü belirtiyi bulmuşlardır.
- Buna göre, galaksilerin ortalama yoğunluklarından önemli derecede daha yüksek yoğunluğa sahip bir dizi sıkışık bölge bulunmuştur. Böylece bu çalışma galaksilerin kümeleşmesine ilişkin ilk kanıtı sağlamıştır.
- Bu çalışmanın ardından yapılan en önemli çalışma 2712 galaksi kümesi ile Abell kataloğudur.
- Abell kataloğu, kümeler için ilk kez bir sınıflandırma şeması ortaya çıkarılması açısından önemlidir.

- Abell kataloğu, farklı özelliklerin anlamlı bir şekilde karşılaştırılabilmesi için yeterince büyük bir küme örneği içermesi açısından önemlidir. **Çalışmanın ölçeği ve kapsamı, kümelerin uzay dağılımının ilk kez analiz edilmesine de olanak tanımıştır.**
- Görsel farklılıklarına dayanarak kümeler çeşitli kriterlere göre sınıflandırabilmiştir. Bu kriterlerden en önemlisi bir kümede kaç galaksinin olduğunu tanımlayan kriterdir. Buna **bir kümenin zenginliği** denir.
- Zengin kümeler göreceli olarak çok sayıda galaksi içeren kümelerdir (100 – 1000 galaksi)
- Ancak, sönük galaksileri tespit etmek zordur. Dolayısıyla, bir kümedeki galaksilerin sayısının anlamlı bir şekilde incelenmesi **belirli bir eşik parlaklığını aşan galaksilerin sayısına** dayandırılmalıdır.
- Kümeleri tespit etme ve sınıflandırma sürecinde ihtiyaç duyulan en önemli bilgi her birinin **uzaklığıdır.**
- Abell, bir kümenin uzaklığını hesaplamak için o küme içinde bulunan galaksilerin görünen parlaklıklarını kullanmıştır (her bir kümedeki en parlak onuncu galaksinin yaklaşık olarak aynı bünyesel ışınım gücüne sahip olması gerektiğini gösteren sonuçları kullanmıştır).
- Böylece, en parlak onuncu galaksi standart ışık kaynağı (standard candle) olarak dikkate alınmıştır.
- Ancak elde edilen değerler oldukça kaba yaklaşımlar olduğu için her bir kümenin parlaklığını tam olarak hesaplanamamıştır. Yine de, yöntem yakındaki ve daha uzaktaki kümeleri ayırt etmek için yeterli bulunmuştur.

❖ Gözlenen tüm galaksiler küme elemanı olmayabilirler. Aslında, çok sayıda galaksi kümelerin dışında bulunmaktadır. Bir kümenin parçası olmayan bir galaksi **alan galaksisi** olarak adlandırılmaktadır ve bunların tanımlanarak küme çalışmalarından çıkarılması gerekmektedir.

- Abell'in kümeleri seçme ve tanımlama yöntemi, fotoğraf plağı üzerinde belirli bir yarıçapa sahip bir daire içinde kalan galaksilerin sayımına dayanmaktadır.
- Abell, tüm kümelerin kabaca aynı fiziksel boyuta sahip olduğunu varsaymıştır.
- Öyle ki, kümelerin yaklaşık 2 Mpc'lik bir yarıçapa sahip olduğunu hesaplamıştır.
- Bu standart küme yarıçapı günümüzde **Abell yarıçapı " R_A "** olarak bilinmektedir
- $R_A = 1.5 h^{-1} \text{ Mpc} = 1.7' / z$ olarak ta ifade edilebilir. Burada z kümenin kırmızıya kayma miktarı olup $0.02 \leq z \leq 0.20$ olmalıdır. Ayrıca, boyutsuz Hubble sabiti $h = H_0/100$ 'dir.
- Hubble sabiti H_0 , $75 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ olarak kabul edilirse $R_A = 2$ olarak bulunur.

SORU: 1.9° açısal çapa sahip bir kümenin 120 Mpc uzakta bulunduğu hesaplanmıştır.

(a) Bu kümenin çapı kaç Mpc'tir ?

(b) Eğer aynı küme 420 Mpc uzaklıkta olsaydı açısal çapı ne olurdu ?

- Alan galaksilerinin varlığı ve belirli bir bakış doğrultusu boyunca galaksiler arasındaki şans eseri dizilişleri gerçek olmayan küme saptamalarına neden olabilirdi.
- Kataloğundaki yanlış saptamaların sayısını en aza indirmek için gerçek galaksi topluluklarından oluştukları yüksek istatistiksel kesinliğe sahip kümeleri tanımlamak için testler geliştirdi.
- Böylesine bir kümeyi tanımlayabilmek için kullanılan asıl kriter, o kümenin m_3 ile m_3+2 kadir aralığında parlaklığa sahip olan (kümedeki üçüncü en parlak üye) 50'den fazla üye içermesi ve bu galaksilerin R_A yarıçapına sahip bir uzay hacmi içerisinde bulunması gerektiği idi. Buna göre, 2712 kümeden 1682 tanesinin istatistiksel olarak gerçek kümeler olduğunu ortaya çıkmıştır.
- Abell ayrıca bu kümeleri **uzaklıklarına** göre 1 ile 6 arasında ve **zenginliklerine** göre ise 0 ile 5 arasında alt sınıflara ayırmıştır.

Zenginliğe göre;

- Grup 0: 30–49 galaksi
- Grup 1: 50–79 galaksi
- Grup 2: 80–129 galaksi
- Grup 3: 130–199 galaksi
- Grup 4: 200–299 galaksi
- Grup 5: > 299 galaksi

Uzaklığa göre;

<u>D</u>	<u>$\langle z_{\text{tahmini}} \rangle$</u>	<u>$N_{\text{küme}}$</u>
1	0.0283	9
2	0.0400	20
3	0.0577	33
4	0.0787	60
5	0.1310	657
6	0.1980	921

- Abell ayrıca galaksi kümelerini simetrilerine göre *düzenli ve düzensiz* olarak derecelendirerek de sınıflandırmıştır.
- Düzenli kümeler küresel bir simetriye ve yüksek derecede merkezi yoğunlaşmaya sahip dev sistemler olmaya eğilimi içindedir
- Düzensiz kümeler ise düşük merkezi yoğunluğa sahip daha açık kümeler olma eğilimindedirler ve önemli miktarda kümeleşme veya alt-kümeleşme gösterirler.

- Görüntü araştırmalarına dayandırılabilen diğer bir tür çalışma ise kümelerin içinde bulunan galaksilerin morfolojik türleriyle alakalıdır.
- Farklı morfolojik tipteki galaksilerin bir bölümünün kümenin simetrisine bağlı olduğu görülmektedir. Coma kümesi gibi *düzenli kümeler göreceli olarak az sayıda sarmal galaksi içermekte olup merceksi (lenticular) ve eliptik galaksiler bakımından zengindirler.*
- Bu eğilim, *yüksek oranda sarmal galaksiler içeren düzensiz kümeler* (Başak kümesi gibi) tarafından gösterilmemektedir.

Şekil 4.5: Abell kümelerinin ekvatoryal koordinatlara göre tüm gökyüzündeki dağılımları. Samanyolu galaksisinin yıldızlararası ortamın engellemesi nedeniyle galaktik düzleme yakın olan hiçbir küme gözlenemez.

- Galaksi kümelerinin dağılımını haritalandırırken yaşanan zorluk tüm gökyüzünün gözlenmesinin mümkün olmamasıdır.
- Dış galaksiler, yalnızca kendi galaksimiz tarafından engellenmeyen bir gökyüzü bölgesinde görülebilirler. Bu durum, Abell kümelerinin konumlarını gösteren Şekil 4.5 gibi tüm gökyüzünü sergileyen haritalardan anlaşılabilir. Şekildeki harita alt ve üst yarıları sırasıyla kuzey ve güney gök yarıkürelerini temsil edecek şekilde gökküresini ekvatoryal koordinatlarda göstermektedir. Gökyüzü küresinin bir haritası böyle bir şekilde gösterildiğinde, S-şeklinde bir eğri gökyüzünün etrafında kıvrılır. Dolayısıyla, yalnızca galaktik düzlemden oldukça uzakta bulunan kümeler görülebilmektedir

- Abell, uzaklığa bağlı olarak kümelerin dağılımında çok fazla bir değişim bulamadı. Kk mesafelerde olduğu kadar geniş mesafelerde de çok sayıda küme vardı.
 - Ancak, gökyüzü boyunca olan dağılıma bakıldığında, kümelerin rastgele saılmadıkları açıktı: Kümeler gözlenebilen gökyüzünün her yerinde bulunmalarına rağmen Şekil 4.5'ten de görüleceği üzere dağılımları tekdüze olmaktan oldukça uzaktır.
- Abell, hem gökyüzü yüzeyi boyunca hem de uzaklığın bir fonksiyonu olarak kümelerin dağılımını göz önüne alındığında, daha büyük ölçekli yapıların var olduğunu ileri sürmüştür.

SORU: En uzakta bulunan Abell kümesinin kırmızıya kayması $z = 0.25$ 'tir. Bu galaksi yaklaşık olarak ne kadar uzakta bulunmaktadır? ($H_0 = 72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ olarak alınız.)

- Günümüzde fotoğraf plaklarını el veya göz ile kontrol etmek yerine, dijital görüntülerin otomatik olarak analiz edildiği bilgisayar tabanlı yöntemler kullanılmaktadır.
- Bu araştırmalar binlerce kümeyi kataloglamışlar ve galaksilerin rastgele dağılmadıklarını açıkça göstermişlerdir.
- Ancak bu türden bir araştırmanın bazı sınırlamaları vardır. Özellikle, görüntüleme araştırmaları temelde iki boyutludur: galaksilerin konumlarını gökküresine yansıtıldığı şekilde göstermektedirler ve Dünya'dan olan uzaklıklarına ilişkin doğrudan bir bilgi sağlamamaktadırlar.
- Ancak, uzay üç boyutludur. Evren'in büyük ölçekli yapısına ilişkin net bir resim oluşturmak için iki boyutlu konum bilgisine kesin bir uzaklık bilgisinin ilave edilmesi gerekmektedir.
- Bu durum, uzay boyunca galaksilerin hacim dağılımını gösteren tamamen üç boyutlu bir haritanın oluşturulmasına imkan vermektedir.
- **Kümelerin nasıl oluştuğu ve evrimleştiklerini anlayabilmek için kümelerin kütle ve kompozisyonları gibi bazı özelliklerine ilişkin bilgilerin edinilmesi gerekmektedir.**