

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN FAKÜLTESİ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ BÖLÜMÜ

ÖZEL KONU
ANDROMEDA GALAKSİSİ



ASLI ELMASLI

98050001

DANIŞMAN

DR.BİROL GÜROL

ANKARA-2001

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. Önsöz.....	<i>i</i>
2. Giriş.....	<i>ii</i>
3. Yerel Grup.....	1
3.1. Yerel Grup Hakkında Genel Bilgi.....	1
4. Andromeda Galaksisi.....	3
4.1. Andromeda Galaksisi Hakkında Genel Bilgi.....	3
4.2. Andromeda Galaksisi'nin Keşfi.....	4
4.3. Andromeda Galaksisi'nin Uzaklığı ve Geometrik Özellikleri.....	4
4.3.1. Uzaklığın Kanıtı.....	5
4.3.2. Baade'nin Keşifleri.....	6
4.4. Andromeda Galaksisi'nde Yıldızların Sayısı ve Işıma Gücü.....	7
4.5. Andromeda Galaksisi'nin Spiral Kolları.....	8
4.6. Andromeda Galaksisi'nin Yıldızlar Arası Ortamı.....	9
4.7. Spiral Kollarda Toz ve Gazlardan Yıldız Oluşumu.....	10
4.8. Andromeda Galaksisi'nde Populasyon-II Yıldızların Dağılımı.....	10
4.9. Andromeda Galaksisi'nin Radyo Işınımı.....	12
4.10. CO dağılımı.....	13
4.11. Andromeda Galaksisi'nin Dönmesi.....	16
4.12. Andromeda Galaksisi'nin Kütlesi.....	16
4.13. Andromeda Galaksisi'nin Çekirdek Bölgesi.....	16
4.13.1. Andromeda Galaksisi'nin Çift Çekirdeği.....	16
4.13.2. Andromeda Galaksisi'nin Merkezindeki Karadelik.....	18
4.14. S Andromeda.....	20
4.15. Andromeda Galaksisi'nde bulunan Küresel Kümeler.....	21

5. Andromeda Galaksisi'nin Yoldaşları	23
5.1. M32.....	23
5.2. NGC205	24
5.3. NGC185.....	25
5.4. NGC147.....	25
6. Kaynaklar	27

1. ÖNSÖZ

Samanyolu dışında galaksilerin var olabileceği fikri, 1924 yılına kadar hiçbir bilim adamı tarafından düşünülmemiştir. Ancak Hubble, Samanyolu dışında diğer galaksilerin de var olması gerektiği düşüncesini ortaya atarak, astronomi alanında o güne değin kabul edilen “Evren” anlayışını değiştirdi.

Samanyolu ve onun ötesine açılma isteği, gözlem tekniklerinin gelişmesi ve yeni bulguların ortaya konulması ile giderek artan bir hızla büyümekte ve uzay araştırmalarının gelişmesinde önemli bir basamak oluşturmaktadır.

Her geçen gün, bir önceki günde hayal bile edilemeyen yenilikler getirmekte ve insan-evren ilişkilerine sunmaktadır.

Bu çalışmada 1924’de başlayan ve günümüze kadar geçen süre içinde yapılan araştırmalarla, Andromeda Galaksisi hakkında elde edilen bilgiler derlenmiştir.

Tezimi hazırlamamda yardımcı olan danışmanım Dr. Birol GÜROL ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2. GİRİŞ

Kendi galaksimizi yeterince ayrıntılı bir şekilde incelemek, en gelişmiş teleskoplarla bile mümkün değildir. Bunun başlıca nedeni, Samanyolu'nun içinde yer almamız ve yıldızlar arası ortamın içinden bakmaya çalışmamızdır.

Gökyüzüne bakıldığında, Samanyolu'nun sayısız yıldızları arasında gözle görülebilir en uzak cisim, kendi galaksimiz olan Samanyolu'na yapı bakımından çok benzeyen ve 2.2 milyon ışık yılı uzaklığında bulunan "Andromeda Galaksisi"dir.

Andromeda Galaksisi'ni dikkatli ve ayrıntılı bir biçimde inceleyerek hem bu dev spiral Galaksi, hem de kendi galaksimiz hakkında geniş bilgilere sahip olabiliriz.

3. YEREL GRUP

3.1. Yerel Grup Hakkında Genel Bilgi

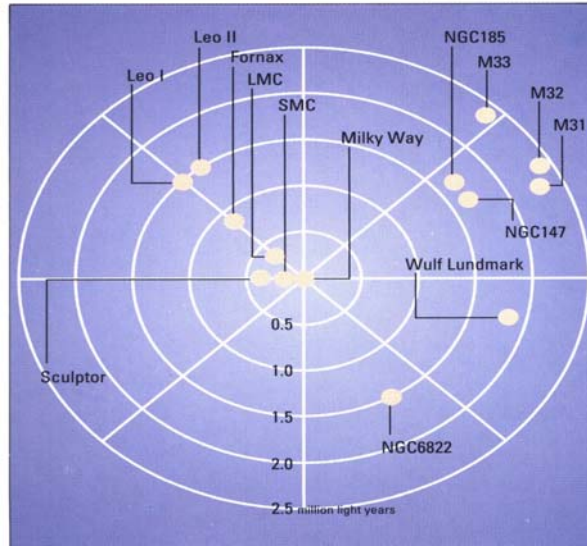
Galaksiler, uzayda bağımsız bir topluluk oluşturan yıldızlar, gaz ve tozlardan oluşmuş gök cisimleridir. Boyutları son derece değişken olabilen galaksiler bazen birbirlerine çok yakın ve astronomik ölçüler boyutunda çok küçük olarak nitelendirilebilecek bir hacim içerisinde kümelenebilirler. Bu şekilde birbirlerine yakın konumda bulunan ve sayıları 10 ile 50 arasında olan galaksi topluluklarına “Grup” adı verilmektedir. Yine aynı şekilde, sayıları 50’den fazla, hatta 10,000’lere kadar ulaşabilen galaksi toplulukları “Küme” olarak adlandırılmaktadır. Güneş Sistemimizin içinde bulunduğu Samanyolu Galaksisi ile en yakın spiral galaksi olan Andromeda Galaksisi’nin de içinde bulunduğu topluluğa “Yerel Grup” adı verilmektedir. 30’a yakın galaksi üyesi bulunan Yerel Grubun oluşturduğu zarfın çapı yaklaşık 1.0 Mpc’tir.

Yerel Grup içinde yer alan en parlak 10 galaksi üyesi, parlaklık sırasıyla aşağıda verilmiştir:

Çizelge 3.1.1: Yerel grup üyeleri

Galaksi Adı	tipi	Mutlak Parlaklığı
Andromeda Galaksisi	Sb	-21 ^m .1
Samanyolu	Sb veya Sc	-21 ^m .0
M33	Sc	-18 ^m .9
Büyük Macellan Bulutu	Irr I	-18 ^m .5
Küçük Macellan Bulutu	Irr I	-16 ^m .8
NGC205	E6p	-16 ^m .4
M32	E2	-16 ^m .4
NGC6822	Irr I	-15 ^m .7
NGC185	de0	-15 ^m .1
IC1613	Irr I	-14 ^m .8

Yerel Grubun içinde, büyüklükleri yönünden ilk üç sırayı alan Andromeda, Samanyolu ve M33 galaksileri “Spiral Galaksi” tipinde olup, diğer üyeler bu üçünün etrafında toplanmışlardır. Grubun diğer üyeleri ise, parlaklıkları daha sönük ve kütleleri daha az olan “Cüce Eliptik” ve “Düzensiz” galaksilerdir.



Şekil 3.1.1: Yerel Grup

4. ANDROMEDA GALAKSİSİ

4.1. Andromeda Galaksisi Hakkında Genel Bilgi

Andromeda Galaksisi, Samanyolu'na en yakın spiral galaksidir. Sb türünden bir spiral olup, özelliği çekirdek etrafında kolların tam devir yapacak şekilde sarılmış ve parçalanmamış olmasıdır. Andromeda Galaksisi aynı zamanda M31 ve NGC224'de olarak da adlandırılmaktadır.

Çizelge 4.1.1: Andromeda Galaksisi'nin Özellikleri

Sağ Açıklık	00 ^{sa} 40 ^{dk} 00 ^s .3
Dik Açıklık	+41°00'03''
Açısal Çap	240'
Görsel parlaklık (V)	3 ^m .58
Renk (B-V) ve (U-B)	+0.91, +0.50
Mutlak parlaklık	21 ^m .1
Uzaklık	765 kpc
Çap	54 kpc
Bakış doğrultusu ile yaptığı açı	12°.5
Galaktik Soğurma	0. ^m 48
Radyal hız (güneşe göre)	-310 km / sn
Kütlesi (güneş birimi cinsinden)	> 4.1x10 ¹¹
H I kütlesi (güneş birimi cinsinden)	3.9x10 ⁹



Şekil 4.1.1: Andromeda Galaksisi

4.2. Andromeda Galaksisi'nin Keşfi

Andromeda Bulutsu'su ilk defa, M.S. 964 yılında, İranlı astronom Al-Sufi tarafından çıplak gözle gözlenmiştir. “Küçük Bulut” olarak adlandırdığı bu cismi “Sabit Yıldızlar” adlı eserinde tanımlamıştır. 1612 yılında Simon Marius, Andromeda Nebulası'nın ilk çizimini yayınladığında, Charles Messier (1764), Al-Sufi'nin bu çalışmasından habersiz olarak, bunun yeni bir nebula olduğunu söylemiştir. Bunun üzerine, Andromeda bulutsusu, Messier katoloğuna “M31” olarak kaydedilmiştir.

Andromeda Galaksisi ile ilgili ilk modern araştırmalar 100 yıl kadar önce fotoğraf tekniğinin ve dolayısıyla daha sönük kaynakları inceleme ve kaydetme olanaklarının gelişmesi ile başlamıştır. Isaac Roberts, Andromeda Nebulası'nın spiral yapısını gösteren ilk fotoğraflarını 50 cm'lik teleskopu ile çekmiştir. O dönemde dış galaksilerin varlığı bilinmediğinden, fotoğraflarda spiral kollardan dışında bulunan sönük yıldızların açıkça görülmesine rağmen, bunun bir galaksi olabileceği düşünülmemiştir. Aksine Andromeda'da bulunan Büyük Nebula'nın zamanla yoğunlaşarak gezegen sistemine sahip bir yıldız olacağı düşünülmüştür. Aralarında Edwin P. Hubble'nın da bulunduğu birkaç araştırmacı, Samanyolu'nun ötesinde yıldız sistemlerinin olabileceği fikrini ileri sürmüşlerdir.

1925 yılında Hubble, NGC6822 Galaksisi'ni gözlemleyerek, bunun bir “uzak yıldızlar topluluğu” olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalar sırasında Andromeda Nebulası'nda bulunan büyük spiral yapı Hubble'ın dikkatini çekmiştir. Hubble çektiği fotoğraflarda spiral yapının karın bölgesini sıkıca saran sarmal kolları görmüş ve bu

kolların binlerce yıldız ve toz bulutlarından oluştuğunu farketmiştir. Hubble'ın Andromeda Galaksisi ile ilgili bulguları ilk defa 1929 yılında “Yıldız Sistemine Benzer Sarmal Galaksi” başlıklı makalesinde yayınlamıştır.

4.3. Andromeda Galaksisi'nin Uzaklığı ve Geometrik Özellikleri

Andromeda Galaksisi'nin spiral kollarında bulunan Sefeid-I türü değişen yıldızların incelenmesinden, bu galaksinin Samanyolu'na olan uzaklığının yaklaşık 765 kpc olduğu ortaya çıkarılmıştır. Elde edilebilen kaliteli fotoğraflardan Andromeda galaksisi'nin görünür çapının 2".4 kadar olduğu ortaya çıkarılmıştır. Bu değer, spiral kollarda yer alan parlak mavi ve beyaz yıldızların fotoğraf plaklarında oluşan görüntülerinden hesaplamıştır. Ancak, daha sönük olan kırmızı yıldızlar görülemediğinden, galaksinin gerçek çapının bu miktardan iki kat daha büyük olduğu düşünülmektedir. Galaksinin mikrodensitometre* incelemeleri sonucu spiral diskin fotoğraf plakları üzerinde görünen görüntüsünün iki katı kadar büyük olduğu ve gerçek çapının 4".8 olduğu hesaplanmıştır. Galaksinin konumu ve uzaklığı dikkate alındığında gerçek lineer boyutunun 120,000 ışık yılı kadar olduğu görülmektedir.

4.3.1. Uzaklığın Kanıtı

Hubble, Andromeda Galaksisi'nin spiral kollarının içinde bulunan 40 adet “zonklayan yıldız” yardımıyla, galaksinin uzaklığını hesaplamıştır. Galaksinin fotoğraflarını inceleyerek bu yıldızların belirli dönemlerle söndüğünü ve parladığını göstermiştir. Hubble bu yıldızların Samanyolu'nda bulunan “Cepheid Değişen Yıldız” türleri ile aynı olduğunu tanımlamıştır.

Konu ile ilgili olarak, Harlo Shapley (1930), Cepheid değişen yıldızları ile cisimlerin uzaklığının bulunabileceğini belirtmiştir. Shapley, dönem ve görsel parlaklık bağıntısı olarak kullanılan Cepheid'lerin özhareketlerini istatistiksel yöntemlerle

* mikrodensitometre: fotoğraf plağı üzerinde çıplak gözle görülemeyen görüntüleri tespit edebilen çok hassas elektronik bir cihazdır.

incelemiş ve bu yıldızların paralaksını ve dolayısıyla uzaklıklarını bulmuştur. Ayrıca, Pogson formülü yardımıyla Cepheid'lerin mutlak parlaklıklarını da elde etmiştir.

Hubble, Shapley'in bulduğu dönem ve parlaklık bağıntısından yararlanarak Andromeda spiralinin Dünyadan yaklaşık 1 milyon ışık yılı uzaklığında olması gerektiği sonucuna varmıştır. Günümüzde modern teknoloji ile yapılan çalışmalar sonucunda, Andromeda Galaksisi'nin, Hubble'ın hesaplamalarının iki katından daha fazla, 2.2 milyon ışık yılı uzaklıkta olduğunu göstermektedir.

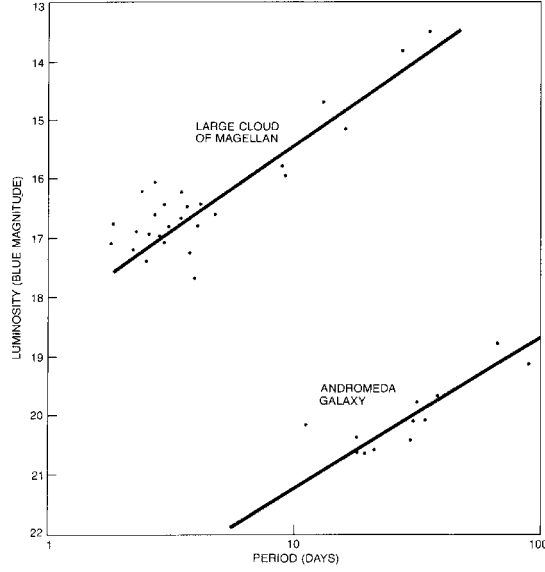
4.3.2. Baade'nin Keşifleri

1940'lı yıllarda Alman Astronomlarından Baade, Mount Wilson'da bulunan 250 cm'lik teleskop ile Andromeda Galaksisi'ni gözlemledi. Çalışmalarının sonucunda iki önemli buluş gerçekleştirdi. Bunlardan birincisi, 1944 yılında Los Angeles'da, savaş sırasında savunma amaçlı olarak sık sık yapılan karartma tatbikatları sırasında ortaya çıktı. Baade, karartma gecelerinde gökyüzünün doğal karanlığı içerisinde Andromeda Galaksisi'nin daha sönük özelliklerininin fotoğraflarını çekme fırsatını buldu. Spiral kollarında bulunan yıldızlar net olarak görünmelerine rağmen parlak olan orta kısım, fotoğraflarda belirsizdi. Baade, orta kısımda bulunan yıldızların görünmemesini, ikisi yakın, ikisi daha uzakta bulunmak üzere, dört küçük yoldaş galaksinin varlığı ile açıklamıştır.

Baade fotoğraflarında kırmızı filtre kullanarak ve uzun poz süresi vererek Andromeda Galaksisinin resimlerini elde etmiştir. Fotoğraflar Andromeda Galaksisi'nin merkezini ve dört yoldaşını aydınlatmakla kalmamış, aynı zamanda Baade'nin iki tür yıldız popülasyonunu ayırt etmesini sağlamıştır. Daha önceki resimlerde sönük olarak görünen kırmızı dev yıldızlar, Baade'nin yeni fotoğraflarında net bir şekilde görünmektedir. Bunları "Popülasyon-II" türü yıldızlar olarak adlandırmış ve bu yıldızların Samanyolu'da bulunan küresel kümelerin içindeki kırmızı dev yıldızlar ile aynı olduğunu farketmiştir.

Popülasyon-II sınıfında bulunan yıldızlar Andromeda Galaksisi'nin merkezinde ve galaktik disk düzleminde dağılmış olarak küresel kümelere bulunmaktadır. Galaksi genelinde bu tür yıldızlar Popülasyon-I türü yıldızlara oranla kütle bakımından baskındırlar. Yapılan araştırmalar, Popülasyon-II yıldızlarınının 12 milyar yaşında olduklarını göstermektedir. Popülasyon-I yıldızları ise ağırlıklı olarak Andromeda Galaksisi'nin spiral kollarında yer alan, daha genç ve parlak mavi yıldızlardır.

Baade'nin ikinci buluşu 1952 yılında Andromeda Galaksisi'nde bulunan Cepheid değişen yıldızlarını incelemesi ile gerçekleşmiştir. Bu çalışmasında Baade, Shapley'in Büyük Macellan Bulutsusu üzerinde yapmış olduğu Cepheid'lerin özhareketlerini inceleyerek saptadığı uzaklık ve mutlak parlaklık bağıntısını, Andromeda galaksisine uygulamıştır.



Şekil 4.3.2.1: Mutlak Parlaklık-Dönem Grafiği

Yukarıdaki grafikten, Baade'nin bulduğu bağıntı ile Shapley'in ortaya koyduğu bağıntı arasında 1.5^m kadar bir farklılık bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu 1.5^m kadrlık fark ise uzaklığı iki misli artırmaktadır. Diğer bir deyişle, Baade Evren'in boyutunu iki katına çıkarmış olmaktadır.

4.4. Andromeda Galaksisi'nde Yıldızların Sayısı ve Işıma Gücü

Andromeda Galaksisi'nin düzlemi, bakış doğrultumuza dik olmadığından, daralmış ve çevresi elips şeklinde görünmektedir. Teorik hesaplamalarla Andromeda'nın genişliğinin, 100,000 ışık yılı kadar olan uzunluğundan biraz daha küçük olduğu saptanmıştır. Mutlak parlaklığı $-21^m.1$ kadir olup, Güneş'ten yaklaşık 24 kadir kadar daha parlaktır. Bu da, içinde güneş kadar parlak olan, en az 10^{10} adet yıldızın varlığını gerektirir. Bununla beraber, güneşten daha sönük olan yıldızların saptanmalarının güçlüğü ve görünen ışınımına pek az katkıda bulunmaları olasılıkları nedenleri ile hesaplanan bu sayı yalnızca bir alt limittir. Dolayısıyla, Andromeda Galaksisi'ndeki yıldızların toplam sayısı, içinde 10^{11} güneş kütlesi bulunan Galaksimizin içindeki yıldızların sayısından en az iki kat kadar daha fazla olmalıdır.

4.5. Andromeda Galaksisi'nin Spiral Kolları

Andromeda Galaksisi'nin incelenmesinde, spiral kolların çok az dallanma gösterdiği, daha ziyade basit bir spiral yapıya sahip olduğu ve yapı bakımından Samanyolu'na benzediği anlaşılmaktadır.

Andromeda Galaksisi'ni çok ayrıntılı olarak inceleyen Baade, merkezden uzaklıkları 21 kpc ile 0.3 kpc arasında değişen, yedi adet spiral kolun varlığını saptamıştır. Çekirdeği hem kuzey hem de güney tarafından sarmalayan bu kollar, Samanyolu Galaksisi'nde olduğu gibi aynı tür yıldızlar, toz ve gazlar, Sefeid değişenleri ve açık kümeleri barındırmaktadır.

Andromeda Galaksisi'nde, en dıştaki kolda yer alan dağınık mavi süper dev yıldızlar, yıldızlar arası gaz ve tozların olmaması veya yoğunluklarının çok az olması nedeniyle açık bir biçimde gözlenebilmektedir. Her ne kadar bu dış kolda gaz ve tozun bulunduğu şüphe götürmez bir gerçek ise de, bu yıldızlar arası maddenin ışınımı gözlenemeyecek kadar sönüktür.

Beşinci ve dördüncü kollarda, merkezden 12 ila 9 kpc uzaklıklarda, içinde yedinci koldaki gibi mavi süper dev yıldızlarının hakim olduğu, buna ek olarak yıldızlar arası maddenin belirginleştiği ve Popülasyon-I türü yıldızlarının maksimum sayılara ulaştığı görülmektedir.

Merkezden uzaklıkları 5 kpc'den 2 kpc'ye kadar olan üçüncü ve ikinci spiral kollarda, H II bölgeleri görülmeye başlar. Bu kollarda Popülasyon-I devleri sayıca çok daha azdır.

En içteki spiral kolda, Popülasyon-I süper devleri görülmez, fakat H II bölgeleri açık olarak göze çarparlar.

Baade'nin belirtmiş olduğu toz ve gazlar ile Popülasyon-I yıldızlarının arasındaki bağlantı, Andromeda Galaksisi'nin spiral kollarında açıkça görülmektedir. Bu H II bölgelerinin ve onların görünmesine mani olan çok parlak O ve B yıldızlarının spiral kolların tozları arasında olduğu onların çok fazla kırmızılaşmış olmalarından anlaşılmaktadır.



Şekil 4.5.1: Andromeda Galaksisi'nin Kolları

4.6.Andromeda Galaksisi'nin Yıldızlar Arası Ortamı

Andromeda Galaksisi'nin yıldızlar arası maddesi spiral kollarda toplanmış olduğu, küresel kümelerde kırmızılaşmanın H II bölgeleri ile kıyaslandığında, yokluğu veya yok denecek kadar azlığı ile açıkça görülmektedir. Galaksi içerisinde dağılmış, fakat özellikle çekirdek civarında yoğunlaşmış olan küresel kümeler, spiral yapı ile hiç ilgili değildir. Galaksinin bizden uzak olan tarafında bulunan küresel kümelerde biraz kırmızılaşma vardır. Bu kırmızılaşma küresel kümelerden gelmekte olan ışığın Andromeda Galaksisi'nin düzleminden geçerek bize ulaşması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çok fazla kırmızılaşan birkaç küresel küme ise, galaksinin hemen hemen yatay düzleminde bulunan ve bundan dolayı da tozlar tarafından büyük ölçüde karartılmış olanlardır.

Andromeda Galaksisi'ndeki küresel kümelerle ilgili bu gözlemler, galaksideki Populasyon-II novaları üzerinde yapılan araştırmalar ile uyuşmaktadır. Gözlenmiş olan 25 novadan sadece bir tanesi farkedilebilir derecede kırmızılaşma göstermektedir. İlginç olan bu novanın beşinci kolda olması ve böylece ışığı bize gelmeden önce koldaki tozlardan geçmesidir. Bu kolu çekirdeğe doğru takip edecek olursak, dış bölgelerine bol miktarda Populasyon-I Süper dev yıldızları bulunmasına karşılık, bunların çekirdeğe doğru sayıca azalmakta ve birdenbire yok oldukları görülmektedir. Bununla beraber, spiral kol, çekirdeğin içine doğru bir toz kolu şeklinde devam etmektedir.

4.7. Spiral Kollarda Toz ve Gazlardan Yıldız Oluşumu

Andromeda Galaksisi'nin spiral kollarındaki bütün maddelerin incelenmesi sonucu, spiral kolların bu büyüklükteki bir galaksinin toplam ışığına katkısının yüzde 20'den daha az olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Diğer bir deyişle, spiral kollardaki Populasyon-I yıldızları galaksinin toplam kütesinin yalnızca küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu durumun gaz ve tozlar için de doğru olması gerektiğinden, ileride oluşması beklenen yeni yıldızlar için gerekli madde miktarının çok az kaldığı ortaya çıkmaktadır.

Andromeda ve bizim galaksimizde nötr Hidrojenin 21 cm'deki çizgisinin analizi ile, yeni yıldızların oluşumuna elverişli olan madde miktarının, bu iki galaksinin toplam kütesinin yüzde 2'sinden daha fazla olmamaktadır. Buradan, Andromeda Galaksi'sinde yıldız oluşumu döneminin az çok bitmek üzere olduğu ve bu spiral sistemlerdeki yıldızların çoğunluğunun uzun bir süre önce meydana gelmiş olduğu sonucu çıkarılabilir. Şüphesiz, eğer bu galaksilerin büyük kısmını meydana getiren Populasyon-II yıldızları, evrimleri süresince yeterli madde dışarıya atıyorlarsa, uzaya atılan bu madde toz ve gaz mevcudunu yenileyebilir.

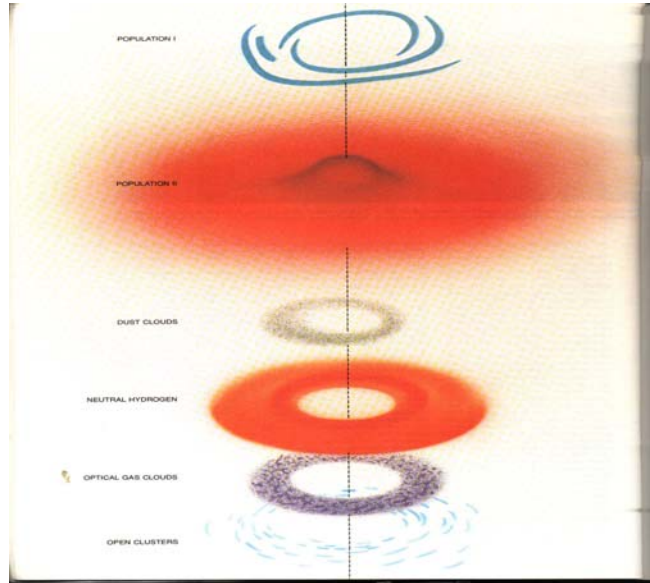
4.8. Andromeda Galaksisi'nde Populasyon-II Yıldızların Dağılımı

Andromeda Galaksisi'nin çekirdeğinin içinde sadece Populasyon-II yıldızları bulunduğu ve toz olmadığına ilk defa Baade (1944) belirtmiştir. Andromeda'nın çekirdeğindeki yıldızlar Populasyon-II türünden sarı ve kırmızı devler olup merkezden dışarıya doğru galaksinin kollarına kadar izlenebilmektedir. Populasyon-II yıldızları, yassı diskin her yerinde ve hatta gözlenebilen en dıştaki spiral yapının da ötesindeki bölgelerde bulunmaktadır. Baade, Populasyon-II yıldızlarını galaksinin küçük eksenı boyunca inceleyerek bu yıldızları dışarıya, merkezden 45° uzağa kadar izlemeyi başarmıştır. Merkezden dışarıya doğru büyük eksen boyunca gidildiğinde, Populasyon-II yıldızlarının yoğunluğu az çok galaksinin parlaklığı ile aynı şekilde azalır (kolları göz önüne almadan). Büyük eksen boyunca Populasyon-II yıldızları merkezden 2° uzaklığa

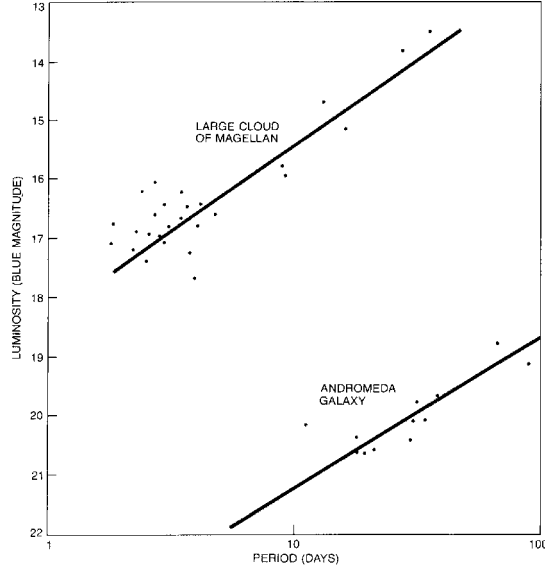
kadar izlenebilmiştir, ancak kırmızıya duyarlı fotoğraf plaklar kullanıldığında çok daha uzak mesafelere uzanabilmektedir. Andromeda Galaksisi'nin ana diski çoğu Populasyon-II sınıfından olan kırmızı ve sarı dev yıldızlardan oluşmaktadır.

Populasyon-II dev yıldızları ile karışmış olarak, M67 gibi açık kümelerde bulunan dev yıldızlar da vardır. Bunlar diskteki yıldızların çoğunluğunu meydana getirebilir ve diskten gelen ışığın büyük kısmını (spiral kolları göz önüne almadan) açıklayabilir. Fakat en parlak disk yıldızları şüphesiz Populasyon-II'nin kırmızı dev yıldızlarıdır. Bu iki tip kolayca birbirinden ayırt edilebilir çünkü Populasyon-II yıldızları, normal dev yıldızları ile karşılaştırıldığında metal yönünden fakirdirler.

Disk bu yapısı, uzun süre poz verilmiş kırmızıya duyarlı fotoğraf plakların incelemesi sonucunda görülmüştür. Bu fotoğraf plakları üzerinde, spiral kollar arasındaki bölgelerin, dışarıya doğru giderek sayıları azalan, yoğun Populasyon-II dev yıldızları ile dolu olduğunu görmekteyiz. Bu analize göre galaksinin spiral kolları, ince gaz, toz tabakaları ve diskin içerisine gömülü Populasyon-I türünden O ve B süperdev yıldızlarından ibarettir.



Şekil 4.8.1: Andromeda Galaksisi içinde yukardaki resimden aşağı doğru Populasyon-I, Populasyon-II, toz bulutları, HI, görünen gaz bulutları ve açık kümelerin dağılımı görülmektedir



Şekil 4.3.2.1: Mutlak Parlaklık-Dönem Grafiği

Yukarıdaki grafikten, Baade'nin bulduğu bağıntı ile Shapley'in ortaya koyduğu bağıntı arasında 1.5^m kadar bir farklılık bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu 1.5^m kadrlık fark ise uzaklığı iki misli artırmaktadır. Diğer bir deyişle, Baade Evren'in boyutunu iki katına çıkarmış olmaktadır.

4.4. Andromeda Galaksisi'nde Yıldızların Sayısı ve Işıma Gücü

Andromeda Galaksisi'nin düzlemi, bakış doğrultumuza dik olmadığından, daralmış ve çevresi elips şeklinde görünmektedir. Teorik hesaplamalarla Andromeda'nın genişliğinin, 100,000 ışık yılı kadar olan uzunluğundan biraz daha küçük olduğu saptanmıştır. Mutlak parlaklığı $-21^m.1$ kadir olup, Güneş'ten yaklaşık 24 kadir kadar daha parlaktır. Bu da, içinde güneş kadar parlak olan, en az 10^{10} adet yıldızın varlığını gerektirir. Bununla beraber, güneşten daha sönük olan yıldızların saptanmalarının güçlüğü ve görünen ışınımına pek az katkıda bulunmaları olasılıkları nedenleri ile hesaplanan bu sayı yalnızca bir alt limittir. Dolayısıyla, Andromeda Galaksisi'ndeki yıldızların toplam sayısı, içinde 10^{11} güneş kütlesi bulunan Galaksimizin içindeki yıldızların sayısından en az iki kat kadar daha fazla olmalıdır.

4.5. Andromeda Galaksisi'nin Spiral Kolları

Andromeda Galaksisi'nin incelenmesinde, spiral kolların çok az dallanma gösterdiği, daha ziyade basit bir spiral yapıya sahip olduğu ve yapı bakımından Samanyolu'na benzediği anlaşılmaktadır.

Andromeda Galaksisi'ni çok ayrıntılı olarak inceleyen Baade, merkezden uzaklıkları 21 kpc ile 0.3 kpc arasında değişen, yedi adet spiral kolun varlığını saptamıştır. Çekirdeği hem kuzey hem de güney tarafından sarmalayan bu kollar, Samanyolu Galaksisi'nde olduğu gibi aynı tür yıldızlar, toz ve gazlar, Sefeid değişenleri ve açık kümeleri barındırmaktadır.

Andromeda Galaksisi'nde, en dıştaki kolda yer alan dağınık mavi süper dev yıldızlar, yıldızlar arası gaz ve tozların olmaması veya yoğunluklarının çok az olması nedeniyle açık bir biçimde gözlenebilmektedir. Her ne kadar bu dış kolda gaz ve tozun bulunduğu şüphe götürmez bir gerçek ise de, bu yıldızlar arası maddenin ışınımı gözlenemeyecek kadar sönüktür.

Beşinci ve dördüncü kollarda, merkezden 12 ila 9 kpc uzaklıklarda, içinde yedinci koldaki gibi mavi süper dev yıldızlarının hakim olduğu, buna ek olarak yıldızlar arası maddenin belirginleştiği ve Popülasyon-I türü yıldızlarının maksimum sayılara ulaştığı görülmektedir.

Merkezden uzaklıkları 5 kpc'den 2 kpc'ye kadar olan üçüncü ve ikinci spiral kollarda, H II bölgeleri görülmeye başlar. Bu kollarda Popülasyon-I devleri sayıca çok daha azdır.

En içteki spiral kolda, Popülasyon-I süper devleri görülmez, fakat H II bölgeleri açık olarak göze çarparlar.

Baade'nin belirtmiş olduğu toz ve gazlar ile Popülasyon-I yıldızlarının arasındaki bağlantı, Andromeda Galaksisi'nin spiral kollarında açıkça görülmektedir. Bu H II bölgelerinin ve onların görünmesine mani olan çok parlak O ve B yıldızlarının spiral kolların tozları arasında olduğu onların çok fazla kırmızılaşmış olmalarından anlaşılmaktadır.



Şekil 4.5.1: Andromeda Galaksisi'nin Kolları

4.6.Andromeda Galaksisi'nin Yıldızlar Arası Ortamı

Andromeda Galaksisi'nin yıldızlar arası maddesi spiral kollarda toplanmış olduğu, küresel kümelerde kırmızılaşmanın H II bölgeleri ile kıyaslandığında, yokluğu veya yok denecek kadar azlığı ile açıkça görülmektedir. Galaksi içerisinde dağılmış, fakat özellikle çekirdek civarında yoğunlaşmış olan küresel kümeler, spiral yapı ile hiç ilgili değildir. Galaksinin bizden uzak olan tarafında bulunan küresel kümelerde biraz kırmızılaşma vardır. Bu kırmızılaşma küresel kümelerden gelmekte olan ışığın Andromeda Galaksisi'nin düzleminden geçerek bize ulaşması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çok fazla kırmızılaşan birkaç küresel küme ise, galaksinin hemen hemen yatay düzleminde bulunan ve bundan dolayı da tozlar tarafından büyük ölçüde karartılmış olanlardır.

Andromeda Galaksisi'ndeki küresel kümelerle ilgili bu gözlemler, galaksideki Populasyon-II novaları üzerinde yapılan araştırmalar ile uyuşmaktadır. Gözlenmiş olan 25 novadan sadece bir tanesi farkedilebilir derecede kırmızılaşma göstermektedir. İlginç olan bu novanın beşinci kolda olması ve böylece ışığı bize gelmeden önce koldaki tozlardan geçmesidir. Bu kolu çekirdeğe doğru takip edecek olursak, dış bölgelerine bol miktarda Populasyon-I Süper dev yıldızları bulunmasına karşılık, bunların çekirdeğe doğru sayıca azalmakta ve birdenbire yok oldukları görülmektedir. Bununla beraber, spiral kol, çekirdeğin içine doğru bir toz kolu şeklinde devam etmektedir.

4.7. Spiral Kollarda Toz ve Gazlardan Yıldız Oluşumu

Andromeda Galaksisi'nin spiral kollarındaki bütün maddelerin incelenmesi sonucu, spiral kolların bu büyüklükteki bir galaksinin toplam ışığına katkısının yüzde 20'den daha az olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Diğer bir deyişle, spiral kollardaki Populasyon-I yıldızları galaksinin toplam kütesinin yalnızca küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu durumun gaz ve tozlar için de doğru olması gerektiğinden, ileride oluşması beklenen yeni yıldızlar için gerekli madde miktarının çok az kaldığı ortaya çıkmaktadır.

Andromeda ve bizim galaksimizde nötr Hidrojenin 21 cm'deki çizgisinin analizi ile, yeni yıldızların oluşumuna elverişli olan madde miktarının, bu iki galaksinin toplam kütesinin yüzde 2'sinden daha fazla olmamaktadır. Buradan, Andromeda Galaksi'sinde yıldız oluşumu döneminin az çok bitmek üzere olduğu ve bu spiral sistemlerdeki yıldızların çoğunluğunun uzun bir süre önce meydana gelmiş olduğu sonucu çıkarılabilir. Şüphesiz, eğer bu galaksilerin büyük kısmını meydana getiren Populasyon-II yıldızları, evrimleri süresince yeterli madde dışarıya atıyorlarsa, uzaya atılan bu madde toz ve gaz mevcudunu yenileyebilir.

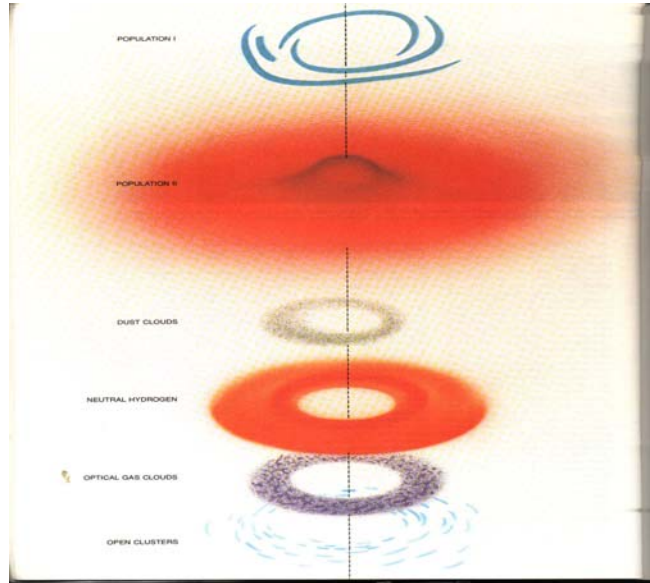
4.8. Andromeda Galaksisi'nde Populasyon-II Yıldızların Dağılımı

Andromeda Galaksisi'nin çekirdeğinin içinde sadece Populasyon-II yıldızları bulunduğu ve toz olmadığına ilk defa Baade (1944) belirtmiştir. Andromeda'nın çekirdeğindeki yıldızlar Populasyon-II türünden sarı ve kırmızı devler olup merkezden dışarıya doğru galaksinin kollarına kadar izlenebilmektedir. Populasyon-II yıldızları, yassı diskin her yerinde ve hatta gözlenebilen en dıştaki spiral yapının da ötesindeki bölgelerde bulunmaktadır. Baade, Populasyon-II yıldızlarını galaksinin küçük eksenı boyunca inceleyerek bu yıldızları dışarıya, merkezden 45° uzağa kadar izlemeyi başarmıştır. Merkezden dışarıya doğru büyük eksen boyunca gidildiğinde, Populasyon-II yıldızlarının yoğunluğu az çok galaksinin parlaklığı ile aynı şekilde azalır (kolları göz önüne almadan). Büyük eksen boyunca Populasyon-II yıldızları merkezden 2° uzaklığa

kadar izlenebilmiştir, ancak kırmızıya duyarlı fotoğraf plaklar kullanıldığında çok daha uzak mesafelere uzanabilmektedir. Andromeda Galaksisi'nin ana diski çoğu Populasyon-II sınıfından olan kırmızı ve sarı dev yıldızlardan oluşmaktadır.

Populasyon-II dev yıldızları ile karışmış olarak, M67 gibi açık kümelerde bulunan dev yıldızlar da vardır. Bunlar diskteki yıldızların çoğunluğunu meydana getirebilir ve diskten gelen ışığın büyük kısmını (spiral kolları göz önüne almadan) açıklayabilir. Fakat en parlak disk yıldızları şüphesiz Populasyon-II'nin kırmızı dev yıldızlarıdır. Bu iki tip kolayca birbirinden ayırt edilebilir çünkü Populasyon-II yıldızları, normal dev yıldızları ile karşılaştırıldığında metal yönünden fakirdirler.

Disk bu yapısı, uzun süre poz verilmiş kırmızıya duyarlı fotoğraf plakların incelemesi sonucunda görülmüştür. Bu fotoğraf plakları üzerinde, spiral kollar arasındaki bölgelerin, dışarıya doğru giderek sayıları azalan, yoğun Populasyon-II dev yıldızları ile dolu olduğunu görmekteyiz. Bu analize göre galaksinin spiral kolları, ince gaz, toz tabakaları ve diskin içerisine gömülü Populasyon-I türünden O ve B süperdev yıldızlarından ibarettir.

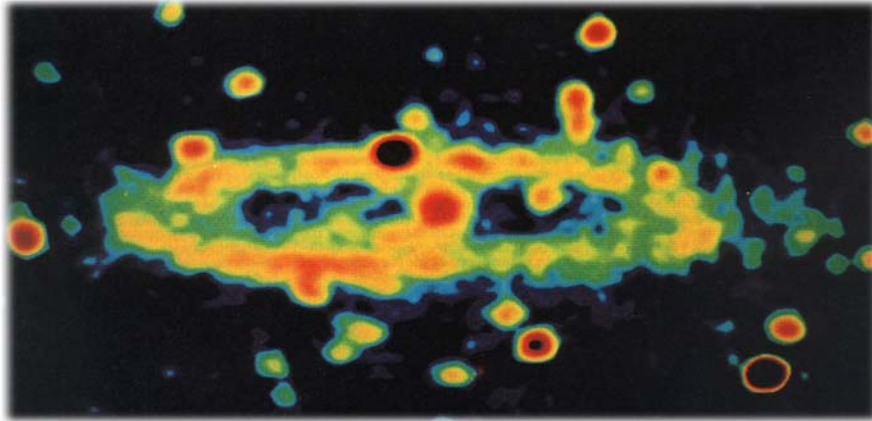


Şekil 4.8.1: Andromeda Galaksisi içinde yukardaki resimden aşağı doğru Populasyon-I, Populasyon-II, toz bulutları, HI, görünen gaz bulutları ve açık kümelerin dağılımı görülmektedir

4.9. Andromeda Galaksisi'nin Radyo Işınımı

21 cm çizgisi büyük eksen boyunca yani spiral kollar incelenebilmektedir. Bu ışınım, çekirdeğin iki yanından yaklaşık 3° uzaklığa kadar izlenebilmekte ve buradan, galaksinin bu dış kısımları için dönme yasasını hesaplanabilmektedir. M31'in merkezinden 8.7 kpc kadar uzaklıkta 21 cm çizgisi keskin maksimuma sahiptir. Baade işte tam buraya Andromeda'nın içinde Popülasyon-I yıldızları, gaz ve tozun maksimum yoğunluklarında oldukları dördüncü spiral kolunu koymuştur. M31 etrafında bir radyo halosu bulunmaktadır.

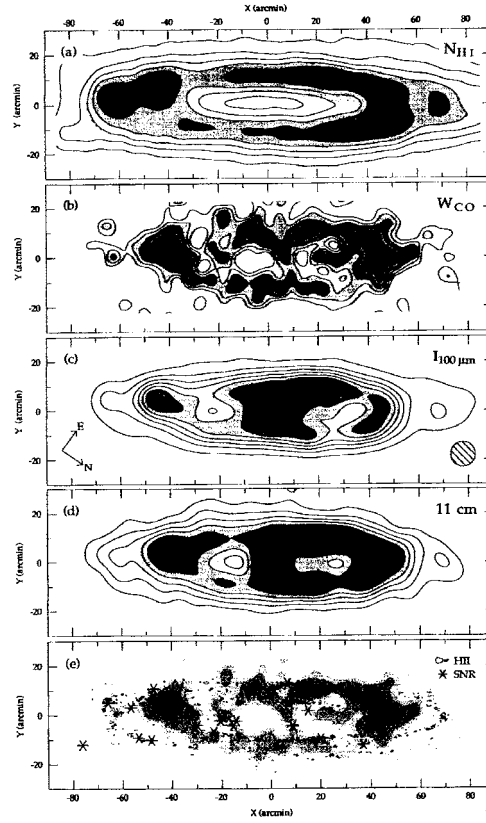
Radyo dalgaboyunda yapılan gözlemler sonucunda; radyo dalgalarının kaynağının, galaksinin düzleminden büyük uzaklıklara kadar dağılmıştır, ve düzleme dikey olarak 10 kpc'den daha fazla uzağa giden hemen hemen küresel bir sistem meydana getirmektedir. Radyo dalgaları ile tayin edilmiş olan Andromeda'nın gerçek boyutu görsel boyutundan çok daha büyük olup, galaksinin radyo kaynakları barındıran kısmı çapı 100 kpc kadardır.



Şekil 4.9.1: 11 cm dalgaboyunda alınmış olan radyo ışınımıdır. Kırmızı bölgeler en yüksek ve morlar en düşük şiddet anlamına gelmektedir. Patlayan yıldızların kalıntılarının bulunduğu galaksinin merkezinde en yüksek salma kaynağı görülmektedir.

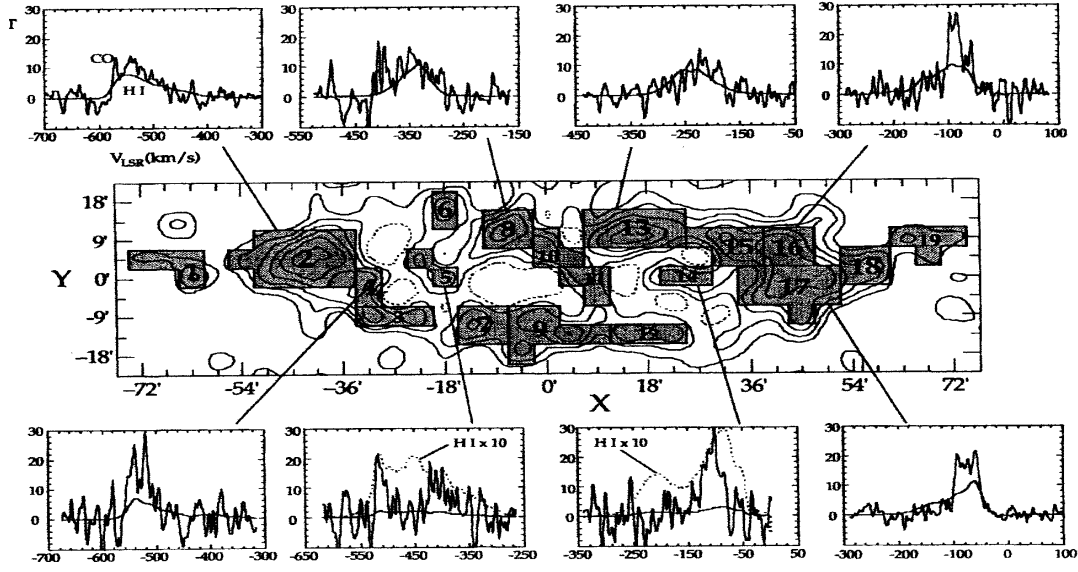
4.10. CO dağılımı

M31 merkezinden 10 kpc uzaklığında yer alan, simit şekilli, Populasyon-I halkasında CO soğurması görülmektedir. Buna karşılık Andromeda Galaksisinin merkezinde herhangi bir CO soğurması saptanamamıştır. M31, galaktik düzlemi ile 20° 'lik açı yaptığından -300 km/sn'de CO soğurması beklenmemektedir. Gaz halkalarının hızları M31'in güneybatısında -550 km/sn ve kuzeydoğusuna doğru -50 km/sn ile değişmektedir.



Şekil 4.10.1: M31'in Populasyon-I haritaları. (a) Cram, Roberts & Whitehurst (1980) 21 cm gözlemleri, (b) CO haritası, (c) IRAS'ın 100 micron dalgaboyundaki soğurması, (d) Beck & Grave (1982)'deki 2694 MHz çalışması, (e) H II ve Süpernova kalıntılarının bölgelerini göstermektedir.

DAME ET AL.



Şekil 4.10.2: CO salma bölgelerinin konumları

Andromeda Galaksisi içersindeki CO salma bölgeleri, Şekil 4.10.2'de verilmiş olup, bu bölgelerin galaksi boyutundaki ekvator koordinat sistemine göre değerleri aşağıda verilmiştir. Buna göre, dünyadan yapılan gözlemlerde:

$$\alpha = 0^{\text{sa}}40^{\text{dk}}$$

$$\delta = 41^{\circ}$$

bölgesinin tanımı

$$X = -72' \text{ den } +72' \text{ ye kadar}$$

$$Y = -18' \text{ den } +18' \text{ ye kadar}$$

olmaktadır.

Çizelge 4.10.1: Şekil 4.10.2'ye ait parametreler

Bölge	X	Y	R	N	T	V	Δv	$^{\circ}\text{H}_2$	$^{\circ}\text{HI}$	$^{\circ}\text{H}_2 / ^{\circ}\text{HI}$
1	-63.00	0.00	12.66	4	7.9	-544	49.8	0.31	2.34	0.13
2	-40.50	4.50	9.08	13	11.8	-533	69.8	0.64	2.60	0.25
3	-31.50	-9.00	10.23	3	11.6	-462	60.6	0.68	2.31	0.29
4	-31.50	0.00	6.33	2	19.9	-529	45.4	0.66	1.93	0.34
5	-18.00	0.00	3.62	2	12.0	-406	49.6	0.67	1.03	0.65
6	-18.00	18.00	16.48	2	9.5	-373	95.6	0.58	1.69	0.35
7	-13.50	-9.00	8.49	4	6.4	-366	101.1	0.51	2.10	0.24
8	-9.00	9.00	8.24	4	11.8	-350	86.0	0.69	2.37	0.29
9	4.50	-13.50	12.10	7	7.7	-322	83.9	0.53	2.10	0.25
10	0.00	9.00	8.04	3	12.6	-312	71.7	0.64	1.45	0.44
11	4.50	0.00	0.90	3	8.3	-248	67.9	0.46	0.79	0.58
12	13.50	-13.50	12.36	3	12.0	-252	51.0	0.60	2.42	0.25
13	13.50	9.00	8.49	8	10.3	-220	71.0	0.56	2.66	0.21
14	22.50	0.00	4.52	2	24.1	-106	37.4	0.66	1.13	0.58
15	31.50	9.00	10.23	5	12.4	-119	61.3	0.68	2.59	0.26
16	40.50	9.00	11.44	4	22.3	-86	40.7	0.78	2.85	0.27
17	45.00	0.00	9.05	9	19.7	-74	47.2	0.71	2.63	0.27
18	54.00	0.00	10.852	4	11.5	-52	43.5	0.48	2.27	0.21
19	63.00	9.00	15.00	4	6.9	-48	38.5	0.25	1.48	0.17

Çizelge 4.10.1 'de verilmiş olan

- X = -72' ile +72' arasında kalan bölge,
Y = -18' ile +18' arasında kalan bölge,
R = Tepe bölgesinin galaktik yarıçapı (kpc),
N = Bölgede gözlenmiş nokta sayısı,
T = Sıcaklık (Milyon $^{\circ}\text{K}$),
v = Hız (km/sn),
 Δv = Eşdeğer genişlik (km/sn),
 $^{\circ}\text{H}_2$ = H_2 'ın yüzey kütle yoğunluğu (M_{\odot}/pc^2),
 $^{\circ}\text{HI}$ = HI'nin yüzey kütle yoğunluğu (M_{\odot}/pc^2),
 $^{\circ}\text{H}_2/^{\circ}\text{HI}$ = moleküllerin yüzey atomik kütle yoğunluğuna oranı

olarak temsil edilmektedir.

4.11. Andromeda Galaksisi'nin Dönmesi

Andromeda Galaksisi'nin dönmesi, görsel ve radyo dalgaboyundaki tayfinin incelenmesinden elde edilebilir. Görsel analiz, M31'in çekirdeğinin her iki yanındaki yıldızların yayınladığı ışınımın tayfsal çizgilerinin Doppler kayması özelliklerinin ölçülmesi ile elde edilir.

Andromeda Galaksisi'nin çekirdeğinin her iki yanında 65' ila 70' açısal uzaklığına kadar çekirdeğin dönmesi bir katı cisim hareket etmektedir. 70' dan 155' ya kadar her iki yanda dönme hızı, uzaklık arttıkça azalmaktadır. Zira bu dış kısımlar, çekirdek etrafında Kepler kanunlarına göre dönmektedir.

4.12. Andromeda Galaksisi'nin Kütlesi

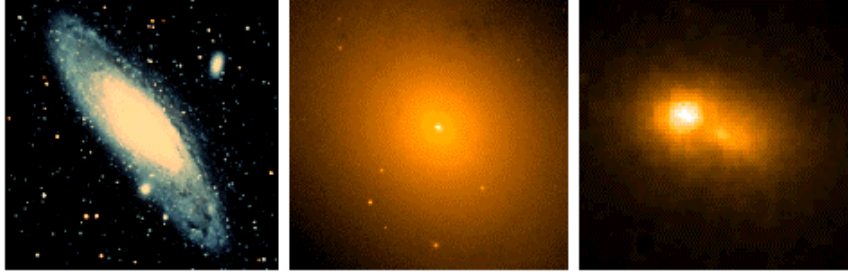
Newton çekim kanununu ve gözlenen dönme hızlarını kullanarak, Andromeda'nın Galaksisi'nin kütlesinin $2 \times 10^{11} M_{\odot}$ kadar olduğu hesaplanmıştır. Bununla beraber, bu kütle miktarı, radyo ışınım analizinden elde edilen kütleden biraz küçük çıkmaktadır. Andromeda Galaksisi'nde yıldızlar arası hidrojen bulutlarının ortalama radyal hızı 8 km/sn kadardır. Bu hız değerine karşıt olarak $4.1 \times 10^{11} M_{\odot}$ kadar bir kütle hesaplanmıştır. 21 cm çizgisinin analizinden M31'de bulunması gereken yıldızlararası hidrojenin kütlesinin, toplam kütle değerinin yaklaşık yüzde 1.3'ü kadar olacağı saptanmıştır.

4.13. Andromeda Galaksisi'nin Çekirdek Bölgesi

4.13.1 Andromeda Galaksisi'nin Çift Çekirdeği

Son yapılan araştırmalarda, Hubble Uzay Teleskopu ile alınan görüntülerden Andromeda Galaksisi'nin çift çekirdekli olabileceği tartışmaları başlatılmıştır. Andromeda Galaksisi'nin çift çekirdekli olduğunu savunan astronomi uzmanlarına göre (Lauer 1995) bu oluşum iki farklı şekilde açıklanabilir. Birincisi, dinamik çarpışma

olayı nedeniyle Andromeda Galaksisi'nin merkezine girmiş olan bir başka galaksi nin disk veya kolları Andromeda tarafından yenmiş ve çekirdek kısmı Andromeda'nın çekirdeğinin yanına çekilmiştir. Böylelikle Andromeda galaksisinin merkezinde gerçekte iki çekirdek bulunmaktadır. İkinci görüş ise, Andromeda Galaksisi'nin tek bir çekirdeği bulunmakta, ancak yıldızlar arası ortam nedeniyle çekirdeğin bir kısmı örtülmekte ve iki farklı çekirdekmiş gibi görülmektedir.



Şekil 4.13.1.1: Andromeda Galaksisi ve Çekirdeği

Şekil 4.13.1.1'de verilmiş olan ilk resimde Andromeda Galaksisi'nin dünyadan görünüşünü görülmektedir. İkinci resim ise yine dünyadan bakıldığında Andromeda galaksisi'nin çekirdek bölgesini göstermektedir. Burada yaşlı yıldız sistemleri bulunmaktadır. Resimde tek tek görülen noktalar küresel küme yıldızlarıdır. Bu resimde çekirdeğin çift olabileceğini gösteren herhangi bir kriter bulunmamaktadır. Üçüncü resim ise Andromeda Galaksisi'nin Hubble Uzay Teleskopu ile çekilmiş 40 ışık yılı genişliğinde çekirdek yapısı görülmektedir. İki ışık tepesi birkaç milyon yoğun yıldız içermektedir. İki tepe arasında 5 ışık yılı mesafe bulunmaktadır. Daha parlak olan tepe dünyadan da görülebilen çekirdektir. Fakat Hubble Uzay Teleskopu, Andromeda Galaksisinin gerçek merkezinin daha sönük olan tepe olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu iki çekirdeğe P1 ve P2 denilmektedir.



Şekil 4.13.1.2: Andromeda Galaksisi'nin çekirdeği

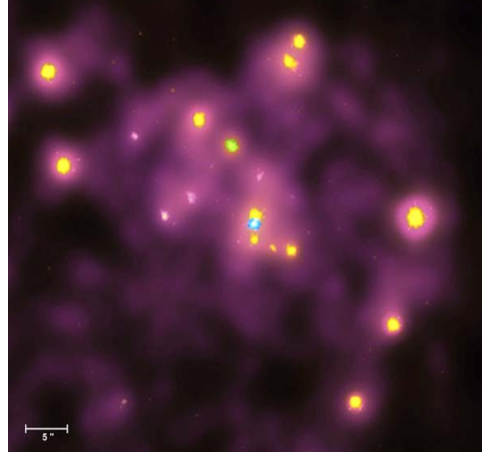
4.13.2. Andromeda Galaksisi'nin Merkezindeki Karadelik

13 Ekim 1999'da Chandra x-ışın Uydusu ile Andromeda Galaksisi'nin x-ışın görüntüsü alınmış ve 100'den fazla tek x-ışını kaynağı olduğu görülmüştür. Bu kaynaklardan biri de Andromeda Galaksisinin merkezinde bulunduğu saptanan ve kütlesi 30×10^6 güneş kütlesine karşılık gelen süper kütleli karadeliğin üzerinde bulunmaktadır. M31'in merkezindeki bu x-ışını salması diğer x-ışını kaynakları ile karşılaştırınca merkezdeki sıcaklığın daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bu kaynak sayesinde, merkezdeki karadelik üzerine düşen gazın soğuk olduğu anlaşılmıştır.

X-ışınının salması yapabilen cisimlerin, dünyadan teleskop ile fark edilebilmesi için, bu cisimlerin sıcaklıklarının 1×10^6 °K'den daha fazla olması gerekmektedir. Andromeda Galaksisi'nde bulunan tipik bir x-ışın yıldızı 10×10^6 °K sıcaklığında olmakla beraber, kara delik üzerindeki x-ışınının kaynağı sadece birkaç milyon derece olduğu saptanmıştır.

Andromeda Galaksisi, boyutları, şekli ve merkezindeki süperkütleli karadeliği ile Samanyolu Galaksisi'ne benzemektedir. Benzer galaksilerin merkezlerinde yer alan karadelikler ile karşılaştırıldığında Andromeda Galaksisi'nin karadeliği farklı özellikler göstermektedir. X-ışını yayımına bakıldığında beklenenden daha zayıf radyo salması görülmektedir. Bu gözlemlerde, merkez bölgenin çevresinde binlerce ışık yılı

uzunluğunda yaygın parlaklık dikkat çekmiştir. Bu parlaklığın nedeni tam olarak bilinmemekle beraber, Dr. Eliot Quataert (2000) olayın oluşumunun merkezden genişlemekte olan sıcak rüzgarlardan kaynaklanmış olabileceğini düşünmektedir.



Şekil 4.13.2.1: Kara Delik

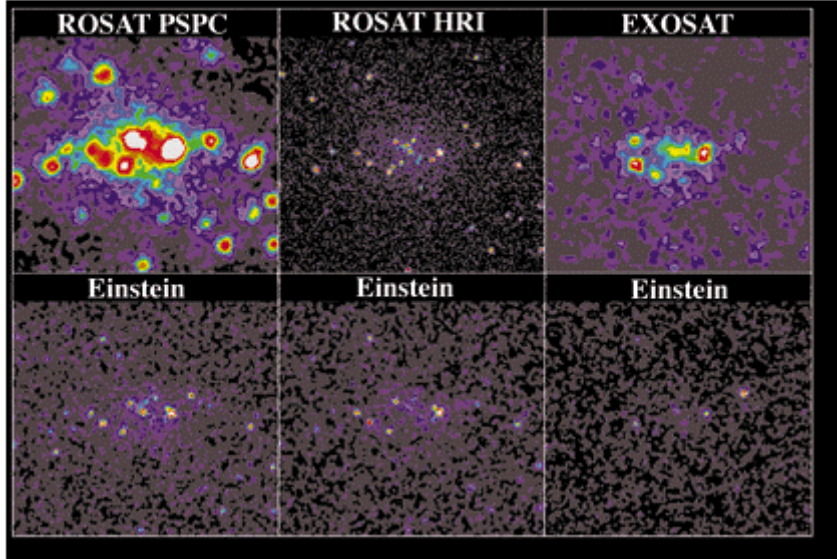
Şekil 4.13.2.1’de verilen x-ışını resmi, Andromeda Galaksi merkezinin bir bölümünü göstermektedir. Ortadaki mavi nokta milyonlarca derece soğuk x-ışını kaynağı olan süperkütleli karadeliğe karşılık gelmektedir.

Einstein, ROSAT ve Hubble Uzay Teleskop uyduları ile yapılan çalışmalarda çekirdek kaynakları gözlemlerinde 5 adet noktasal kaynak bulunmuştur. Bu kaynaklardan biri olan CXOJ004244.2+411608 Andromeda Galaksisi’nin merkezinde bulunan süperkütleli karadeliği aittir. M31’in diğer noktasal kaynaklarıyla karşılaştırıldığında bu kaynağın farklı bir x-ışını tayfi verdiği görülmektedir. Buna dayanarak kaynağın merkezinin karadeliği olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.13.2.1: Andromeda Galaksisi’nde bulunan beş noktasal kaynağın konumları

Kaynak	Sağ Açıklık (J2000)	Deklınasyon (J2000)
Çekirdek	00° 42' 44.''24	41° 16' 08.''0
CXOGMP J004247.0+411628	00° 42' 47.''04	41° 16' 28.''8
CXOGMP J004244.2+411609	00° 42 '44.''23	41° 16' 09.''2
CXOGMP J004444.2+411605	00° 42' 44.''23	41° 16' 05.''8
CXOGMP J004243.9+411604	00° 42' 43.''97	41° 16' 04.''7
CXOGMP J004243.7+411604	00° 42' 43.''72	41° 16' 04.''4

Einstein uydusu gözlemleri ile M31 çekirdeğindeki x-ışın kaynağının ışınım gücünün 9.6×10^{37} erg/s olduğu anlaşılmaktadır. Merkezde bulunan değişen yıldızların dönemlerinin 6 ay olduğunu tespit edilmiştir. Radyo dalgaboylarındaki gözlemler merkezde zayıf (yaklaşık 30 mikro Jy) kaynağı ortaya çıkarmıştır. Bu kaynağın 3.6 cm dalgaboyunda verdiği ışınım gücünün Sgr A'nın ışınım gücüne oranının yaklaşık 0.2 olduğu göz önüne alındığında, Andromeda Galaksisi'nin çekirdek kütesinin yaklaşık 30 kat daha fazla olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. M31'de dağılmış olarak gözlenen nokta kaynakları birer x-ışın çift yıldızları ve/veya süpernova kalıntılarıdır.



Şekil 4.13.11.2: ROSAT ve Einstein uyduları ile M31 merkezinin resimleri

Şekil 4.13.11.2'de diğer x-ışını kaynakları da görünmektedir. Bunların çoğu x-ışını çift yıldızlarıdır. x-ışını çift yıldızları, normal bir yıldızın yörüngesinin etrafında dolanan nötron yıldızı veya karadeliği olan sistemlerdir.

4.14 S Andromeda

Ernst Hartwig, 20 Ağustos 1885'te Samanyolu Galaksisi dışında ilk defa Andromeda Galaksisi'nin merkezinin yakınında bir süpernova keşfetmiştir. Bu süpernova 17 – 20 Ağustos 1885 tarihleri arasında 6^m kadire kadar ulaşmış ve 16 Şubat

1890'da 16^m kadire kadar sönmiştir. Bu süpernovaya "S Andromeda" veya "SN 1885A" denilmektedir. Bu yıldızın parlaklığı ilk on gün içinde günde 0.^m165 kadar düşmüştür. S Andromeda'nın kalıntıları 100 yıl sonra gözlenebilmiştir. Çalışmalar görsel, radyo ve x-ışını bölgelerinde gerçekleştirilmiştir. 1988'de yapılan Fe I çizgisi 3860 °A dalgaboyu ve Ca II çizgilerinin gözlemleri Andromeda Galaksisi'nin merkezinde parlayan süpernova kalıntıları bulunduğunu göstermektedir. Parlamasının nedeni şöyle açıklanmaktadır; patlayan bir yıldız genişlerken yıldızlar arası ortamda bulunan gazlara çarpar ve bu gazları milyonlarca derece sıcaklıklara kadar ısıdırır. Bunun sonucu olarak ışımalarda kalıntıları ve gazın parlamalarını görmekteyiz. S Andromeda tayflarının analizlerinden elde edilen bilgilere göre, süpernova kalıntılarının halen daha genişlediği bilinmektedir.

4.15. Andromeda Galaksisi'nde bulunan Küresel Kümeler

Edwin Hubble, ilk defa 1932'de, Andromeda Galaksisi'nde bulunan 140 adet küresel küme kataloğunu yayınlamıştır. Bu küresel kümelerin mavi fotoğraflık parlaklıkları 15^m ile 18^m kadir ve çapları 4" – 10" arasında değişmektedir. Sonraki çalışmalarla M31'in tayfi incelenerek kataloga alınan küresel küme sayısı 509'a çıkarılmıştır (Crampton, et al, 1985). Samanyolu Galaksisi'ne oranla, Andromeda Galaksisi 2 kat daha fazla küresel küme içermektedir.

Andromeda Galaksisi içinde bulunan en parlak küresel küme Mayall II (G1) olup, parlaklığı 14.^m2 kadirdir.



Şekil 4.15.1: Mayall II (G1) Küresel Kümesi

Andromeda Galaksisi'nde bulunan bazı küresel kümelerin isimleri ve konumları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.15.1: Andromeda Galaksisi'nde bulunan bazı küresel kümelerin adı ve koordinatları

Küresel Kümenin Adı	Sağ Açıklık	Deklınasyon
Mayall II (G1)	00° 32' 46.5	39° 34' 41
C107	00° 40.'5	40° 36'
G64	00° 40.'5	41° 22' 2.3
A78	00° 40.'6	40° 44' 4.2
G72	00° 40' 52.8	41° 18' 54 2.2
G73	00° 40.'9	41° 41' 15.0
G78	00° 41'.0	41° 14' 3.2
G76	00° 41'.1	40° 36' 3.6
G87	00° 41' 14.7	40° 55' 52
G96	00° 41' 28.3	40° 53' 50
G119	00° 41.'9	40° 47' 2.7
C202	00° 42'.1	40° 57'
C203	00° 42'.1	40° 57'
G156	00° 42' 25.3	40° 57' 18
G172	00° 42' 33.3	41° 03 '29
G213	00° 43.'2	41° 07' 2.5
G244	00° 43.'8'	41° 37' 2.6
G257	00° 44.'0	41° 30' 3.2
G272	00° 44.'2	41° 19 3'.4
C410	00° 44.'4	41° 21'
G280	00° 44.'5	41° 22' 2.7
G279	00° 44.'5	41° 29 '4.9
C285	00° 44.'7	41° 27'
C406	00° 44.'8	41° 29'
C306	00° 44.'9	41° 31'
C312	00° 45.'2	41° 37'

5. ANDROMEDA GALAKSİSİ'NİN YOLDAŞLARI

Charles Messier (1781) M32 ve M110 olan iki parlak yoldaşlarını keşfetmiştir. Bunlar Andromeda Galaksisi'ni çevreleyen diğer küçük yoldaşlar arasındaki en parlak olanlarıdır. M32 ve M110 dışında, William Herschel tarafından keşfedilmiş olan NGC 185 ile d'Arrest tarafından keşfedilmiş olan NGC 147 ve çok sönük cüce sistemleri olan And I, And II, And III, And IV, And V, And VI ve And VII'de Andromeda Galaksisi'nin yoldaşları arasında sayılmaktadır.

5.1. M32

M32 eliptik bir galaksi olup parlak yüzeye ve yoğun yapıya sahiptir. Merkezi yüzey parlaklığı $13.^m4$ kadirdir. Merkezinde parlak bir çekirdeğe sahip olup Hubble Space Teleskobu ile alınan görüntülerinde merkezinde kara delik olabileceği düşünülmektedir. Karadeliğin kütlesi $3 \times 10^6 M_o$ olup, toplam kütlesi $7 \times 10^8 M_o$ 'dır. Andromeda Galaksisi ile etkilişime sahiptir. Yörüngesi M31'e çok yakındır.



Şekil 5.1.1: sol üst köşede M32 görülmektedir

M32'nin spektrofotometreleri ağır elementlerinin çoğunun Güneşinkine benzediğini göstermektedir. M32'nin tayfi çoğunlukta çok yaşlı yıldızlardan oluşmaktadır. M32'de küresel kümeler bulunmamakla beraber, 11 adet gezegenimsi nebulalar görülmektedir (Ford ve Jenner 1975). Bu gezegenimsi nebulalar yardımıyla

M32'nin hızını saptamak mümkündür. Merkezde hız 90 km/s'dir ve dışa doğru gidildikçe 70 km/s olmaktadır. M32'nin dönmesi ölçülememektedir.

5.2. NGC205

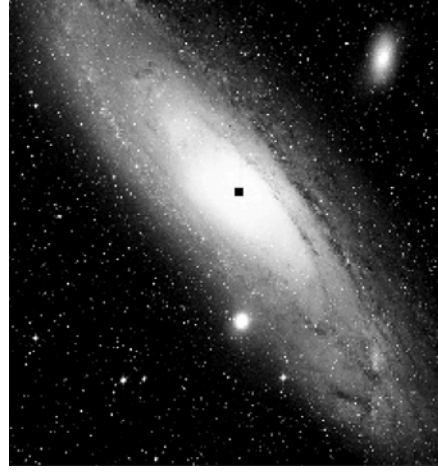
M31'in diğer bir yoldaşı NGC 205 galaksisidir. M32'ye nazaran daha sönük, düşük yüzey parlaklıklı, daha ince ve uzundur. Andromeda Galaksisi ile etkileşim göstermekle beraber etkileşimi M32'ye oranla daha azdır. Bu nedenle, M32'inin aksine, yörüngesi M31'e yeterince yaklaşmamaktadır. Andromeda Galaksisi'ne olan uzaklığı 100 kpc'tir (Saha et al.1992).

NGC205'in kinematığı M32'ninkinden farklıdır. Merkezinde hızı 15 km/s'dir ve dışa doğru gidildikçe 50 km/s'ye kadar artmaktadır (Carter ve Sadler 1990). Çok az veya hiç dönme yoktur. NGC205'in düzleşmesinin sebebi dönmeden çok, hızdaki eşitsizlikten kaynaklanmaktadır.

Eliptik bir galaksisi için olağan olmayan OB türü yıldızları, toz (Baade 1951; Hodge 1973) ve H I (Johnson ve Gottesmann 1983) kaynaklarını içermektedir. Bunlar NGC205'in çekirdeğinin etrafında dallanmıştır. H I kaynağı ile OB yıldızları zıt bölgelerde bulunmaktadır. NGC205'te H I'nin toplam kütlesi $3.7 \times 10^5 M_{\odot}$ 'tir (Johnson ve Gottesmann 1983).

Baade, NGC205'de bir düzüne kadar parlak mavi yıldız olduğunu tespit etmiş, ancak bunların parlaklıkları, renkleri ve dağılımları daha sonradan ölçülmüştür (Hodge 1973; Peletier 1992). Mutlak parlaklık değeri yaklaşık -5^m ile -1^m arasında olan yaklaşık 100 adet yıldız saptanmıştır. Bunların çoğu anakolda veya anakolun yakınında bulunan ve yaşları 5×10^6 yıl olan mavi yıldızlardan oluşmaktadır. Bu genç yıldızların kütleleri $7 \times 10^5 M_{\odot}$ civarındadır.

NGC205, RR Lyrae (Saha et al.1992) ve iki olası Cepheid değişen yıldızlarını (Richer et al 1984) içermektedir. Hubble (1932) NGC205 Galaksisi yakınlarında 8 adet küresel küme olduğunu belirtmiştir.



Şekil 5.4.1: Andromeda Galaksisi'nin sağ üst köşesinde NGC205 yoldaşı görülmektedir.

5.3. NGC185

NGC185 eliptik bir galaksi olup (Hodge 1963a; Kent 1987; Price 1985) yapı bakımından NGC205'e benzemektedir. OB yıldızları, toz bulutları, H I bulutları ve genç mavi yıldızları içermektedir. Bu benzerliğin önemli noktası iki galaksinin de Andromeda Galaksisi'ne yaklaşık 100 kpc uzaklıkta olmasıdır. NGC185'in yapısı normal eliptik galaksiler gibidir. NGC185'te bulunan toplam H I kütlesi yaklaşık $1.5 \times 10^6 M_{\odot}$ kadardır (Wiklund ve Rydbeck 1986). Renk-parlaklık diyagramından NGC185'in yıldızlarının çoğunun yaşlı olduğu anlaşılmaktadır.

NGC185'de çok sayıda değişen yıldız bulunmuştur, bunlardan 151'i RR Lyrae ve beşi de Cepheid türü değişen yıldızdır (Saha ve Hoessel 1990). RR Lyrae'lerin dönemleri geniş bir dağılıma sahiptir.

5.4. NGC147

NGC147 ile NGC185 gökyüzünde mesafesi sadece 1° olan bir çift meydana getirmektedir. RR Lyrae değişen yıldızları ile yapılan değerlendirmelere göre Samanyolu'na olan uzaklıkları hemen hemen aynıdır. Bu özellikleri nedeniyle fiziksel

olarak çift kabul edilirler. Her iki galaksinin de radyal hızları 50 km/sn olarak saptanmıştır.

Çizelge 5.4.1: NGC147'nin farklı kaynaklara göre görünür parlaklığı

M	Yazar	Yıl
9. ^m 3	Holmberg	1958
11. ^m 48	de Vaucouleurs	1964
10. ^m 20	Hodge	1976
10. ^m 36	Sandage ve Tammann	1981
9. ^m 32	Kent	1987
10. ^m 47	de Vaucouleurs	1991

NGC147'nin görünür parlaklığının birçok araştırmacıya göre farklı olmasının nedeni, bu galaksinin düşük yüzey sıcaklığının ve toplam parlaklığının farklı şekillerde ekstrapole edilmesinden kaynaklanmaktadır.

NGC147'nin yüzey fotometrelerinden görsel olarak tozun görünmediği, buna karşılık mavi süper devlerin varlığı rapor edilmiştir.

NGC147'de gözlemlenen 4 küresel kümesinin ikisi Baade (1944) ve diğer ikisi Hodge (1976) tarafından bulunmuştur. Saha ve Hoessel (1987) değişen yıldız araştırmalarının sonucunda 34 adet değişen yıldız bulmuş ve bunların 13'ünün RR Lyrae olduklarını saptamıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarla 36 adet değişen yıldız daha bulunmuş olup, bunların 32'sinin olası RR Lyrae oldukları ve dönemlerinin 0.25 ile 0.85 gün değerleri arasında değiştikleri bildirilmiştir (Saha 1990).

6. KAYNAKLAR

- Baade, W., 1944.
Astrophysical Journal, Vol.100, 147.
- Baade, W., Swope, H.H.; 1961.
Astronomical Journal, Vol.66, 300.
- Beck, R., Grave, R., 1982.
Astronomy and Astrophysics, Vol.105, 192.
- Cram, T.R., Roberts, M.S., Whitehurst, R.N., 1980.
Astronomy and Astrophysic Supplement, 40,215.
- Dame, T.M., Koper, E., Israel, P.F., Thaddeus, P., 1993.
“A Complete CO Survey of M31:I. Distribution and Kinematics”.
The Astrophysical Journal, Vol. 418, 730-742.
- Ford, H, Jacoby, G., Jenner, D., 1973.
Astrophysical Journal, Vol.213, 18.
- Hodge, P., 1963a.
Astronomical Journal, Vol.68, 470.
- Hodge, P., 1984.
“The Universe of Galaxies”.
Universty of Washington Press, 22-31.
- http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5/ANDROMEDA_Atlas/Hodges1.html
- <http://redshift.home.pipeline.com/gcm31.htm>
- <http://chandra.harvard.edu/photo/cycle1/0007/index.html>
- <http://www.galaxy.com/images/galaxy/m31c.html>
- <http://www.seds.org/messier/m/m031.html>
- Hubble, E.P., 1936.
“The Realm of the Nebula”.
Yale University Press.

- Johnson, D.W., Gottesmann, S.T., 1983.
The Astrophysical Journal, Vol. 275, 549.
- Kaufmann, W.J III, 1990.
“Discovering the Universe”.
W.H. Freeman and Company, 332-340, New York.
- Kent, S.M., 1997.
Astronomical Journal, Vol.94, 306.
- McClintock, E., Jones, J., 2000.
“A First Look at the Nuclear Region of M31 with Chandra”.
The Astrophysical Journal, Vol. 537, L23-L26.
- Moore, P., 1994.
“Philip’s Atlas of the Universe”,
Reeds International Books Limited.
- Motz, L., Duven, A., 1980.
“Astromonide Temel Bilgiler”,
Fen Fakültesi Basımevi, 562-569, İstanbul.
- Munuz – Tunun, C., Sanchez F., 1994.
“The Formation and Evolution of Galaxies”.
Cambridge University Press, 16-33.
- Price, J., 1985.
The Astrophysical Journal, Vol. 297, 652.
- Richer, H.B., Westerlund, B. E.,1983.
The Astrophysical Journal, Vol. 264, 114.
- Saha, A., Freedman, W.L., Hoessel, J.G., Mossman A.E.,1992.
Astronomical Journal, Vol.104, 1072.
- Saha, A., Hoessel, 1987.
Astronomical Journal, Vol.94, 1556.
- Saha, A., Hoessel, 1990.
Astronomical Journal, Vol.99, 97.
- Shapley, H., revised by Hodge, P.,1972.
“Galaxies”.
Harvard University Press.

Wiklind, T., Rydbeck, G., 1986.
Astronomy & Astrophysics, Vol. , 164, L22.