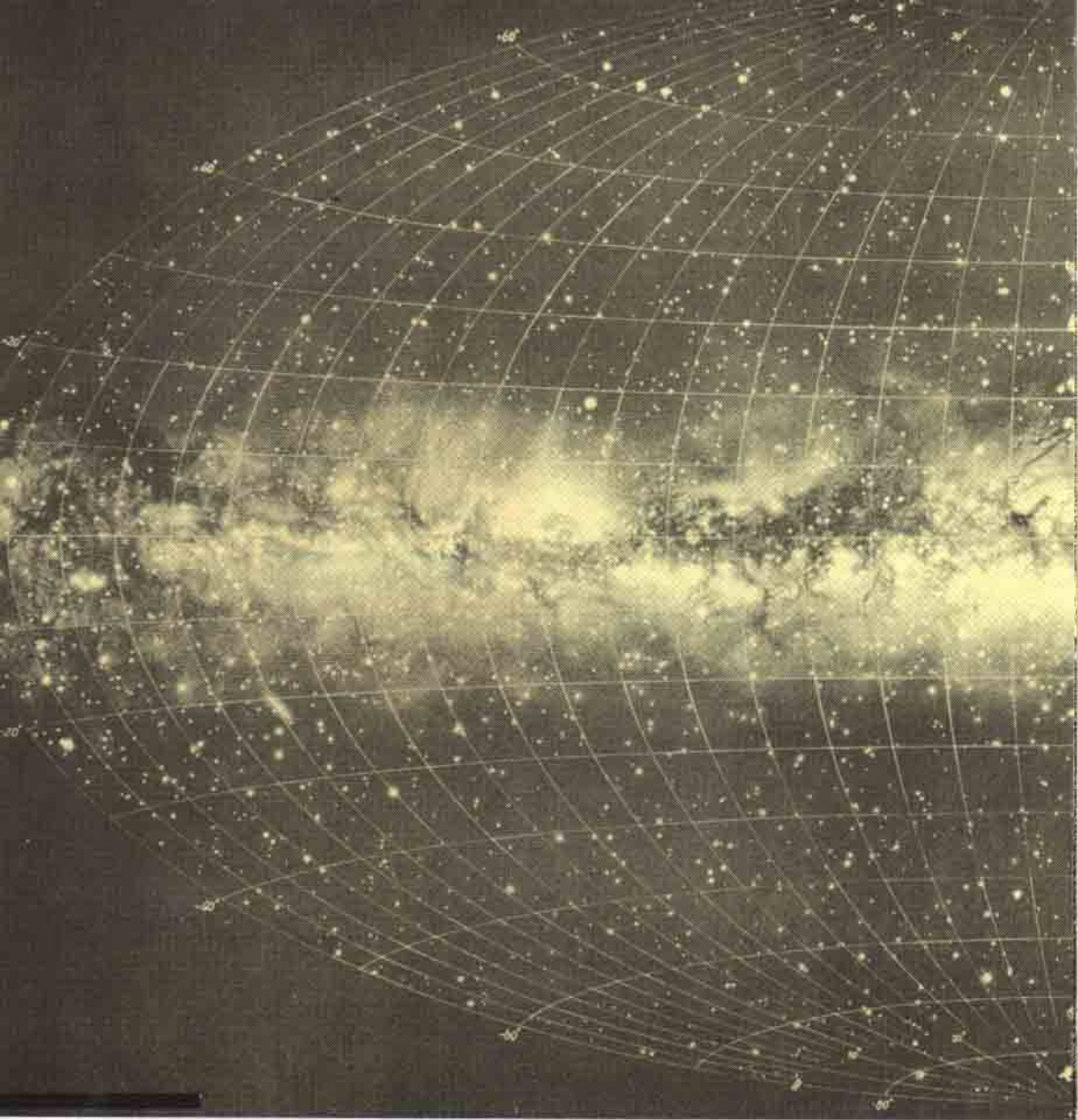


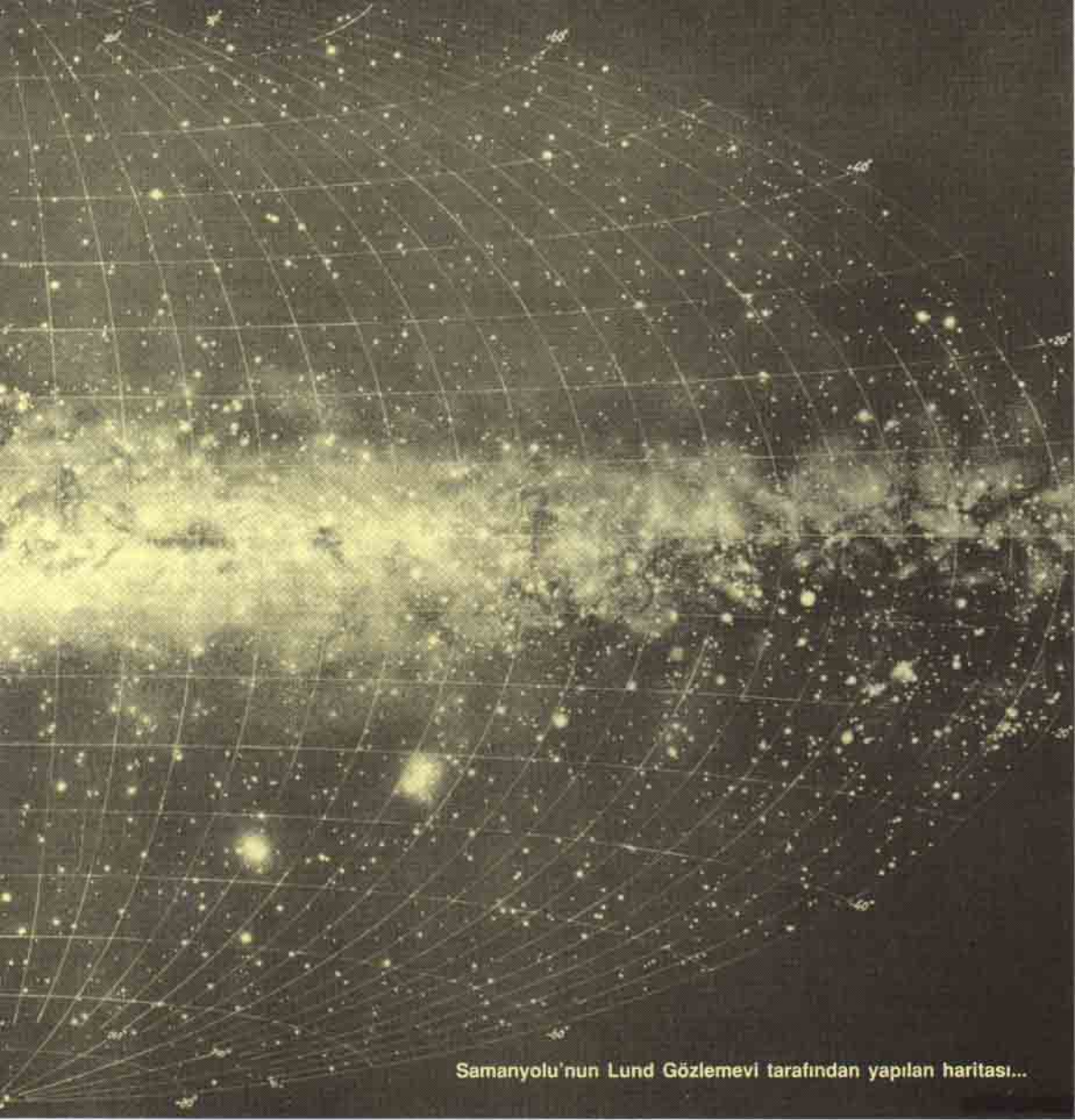


1724 YILINDA Almanya'nın küçük bir kasabasında doğan Immanuel Kant, bir filozoftu. Hayatı boyunca doğduğu kasabanın 100 kilometre uzağına dahi gitmeyen Kant, çevresindeki pek çok olay ve insanı çok ilginç açılardan gözler, eleştirir, fikirler yürütürdü. Bilim, metafizik ve daha pek çok konuda felsefi kuramlar ortaya koyan Kant, insanlık tarihinin en ilginç varsayımlarından birini gökyüzündeki yıldız olmayan gök cisimleri üzerine yaptı. Ona göre Andromeda takım yıldızındaki M 31 gibi pek çok bulutsu, tıpkı yaz gecelerinde gökyüzünü kuşatan Samanyolu'muz gibi dev yıldız topluluklarıydı. Bizim Samanyolu

SARMAL GA

Alpe

Doğduğu kasabanın 100 km. dahi gitmeyen Kant, çevresindeki pek çok olay ve insanı çok ilginç açılardan gözler, eleştirir, fikirler yürütürdü. Bilim, metafizik ve daha pek çok konuda felsefi kuramlar ortaya koyan Kant, insanlık tarihinin en ilginç varsayımlarından birini gökyüzündeki yıldız olmayan gök cisimleri üzerine yaptı. Ona göre Andromeda takım yıldızındaki M 31 gibi pek çok bulutsu, tıpkı yaz gecelerinde gökyüzünü kuşatan Samanyolu'muz gibi dev yıldız topluluklarıydı. Bizim Samanyolu



Samanyolu'nun Lund Gözlemevi tarafından yapılan haritası...

LAKSİLER

Ateş
ışına bile çıkmamış bir insan,
anusa ve galaksileri adalara
bildi?...

lu'muz, nasıl milyarlarca yıldızın bir araya gelmesiyle oluşmuş bir sistemse, bu silik gök cisimleri de öyle yapıları. Ayrıca bu büyüklükte olmakla birlikte göze küçük ve silik görünmelerinin nedeni trilyonlarca kilometre uzakta olmalarıydı. Kant, bu cisimlere gökadarlar adını vermişti. Samanyolu ve diğer uzak galaksilere gökada ismini vermek, ancak evrene engin bir okyanus gözüyle bakan birinin yapabileceği birşeydi. Bu bakış açısı ve tanımlama, bizleri bugün hayran bırakan bir özünün ürünüdür. Çünkü Kant'ın kimi bulutsuların milyarlarca yıldızdan oluşmuş sistemler olduğunu gösteren birkaç metre çapında bir teleskobu yoktu.

Andromeda Gökadası İle Başlayan Serüven

Andromeda takımyıldızında, ν (mu) Andromeda isimli yıldızın hemen kuzeyinde, silik bir gök cismi bulunur. Çok temiz havalarda çıplak gözle seçilebilen cisim, silik ve yassı bir bulut görünümündedir. Eğer bir arazi dürbünü alarak bakarsanız, bulutsunun parlak bir çekirdek etrafında iki zıt yöne uzandığını görürsünüz. Bu cisim, Andromeda takım yıldızında yer aldığı için Andromeda bulutsusu olarak adlandırılmıştır.



M 31 Andromeda gökadası

İlk kez Arapların çıplak gözle farkettileri Andromeda bulutsusu, 17. yüzyılda Fransız amatör astronom Charles Messier tarafından bir kuyruklu yıldız ile karıştırılmaması için M 31 adıyla kataloglandı. Uzun zaman boyunca M 31, içinde yeni yıldızların olduğu bir gaz bulutu olarak düşünülürdü. Özellikle 1885'te M 31'in önünde parlak bir yıldız gözlemlendiğinde astronomlar, hayatlarının en mutlu günlerini yaşadılar. Çünkü ilk kez bir yıldızın doğuşuna tanık olduklarını sanıyorlardı. Fakat sevinçleri uzun sürmedi. Kısa süre sonra "yeni yıldız" sönükleşti ve sonunda tümüyle gözden kayboldu. Bugün, böyle birden parlamış ve zamanla sönüp giden yıldızlara "nova" adı verilir. S Andromeda isimli novanın kısa süre sonra sönmesinin ardından astronomlar, bir boşluk içine düşüler. Akıllarında şu soru vardı:

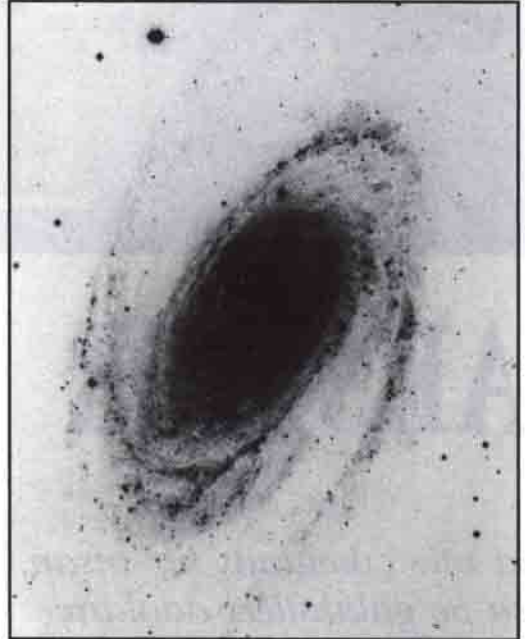
- Eğer M 31, içinde yıldızların olduğu bir gaz bulutu değilse, nedir?

1922'de Amerikalı gökbilimci Edwin Hubble, Kalifornia Mt. Wilson gözlemevinde yeni yapılan 2.5 metre çaplı teleskobu M 31'e çevirdiğinde, uzun süredir astronomlara merak konusu olan "M 31 nedir?" sorusunun cevabını buldu. Uzun süren bir çalışma sonunda Hubble, M 31'in o güne değin çekilen en ayrıntılı ve en ilginç fotoğraflarını elde etti. Fotoğraflar, Andromeda bulut-

susunun, bir gaz ve toz topluluğu olmadığını gösteriyordu. Diğer teleskoplarla bakıldığında sis görüntüsünü veren kısımlar, aslında yıldızların yoğun bir şekilde birarada durduğu bölgelerdi. M 31'in en parlak kısmı olan çekirdeğinde bol miktarda yaşlı, soluk, kırmızımsı renkli yıldızlar bulunmaktaydı. Kenar kısımlar ise daha genç, mavi-beyaz renkli yıldızların çokça olduğu bölgelerdi. Bu durumda M 31 Andromeda bulutsusunun gizemi çözülmüş oluyordu. M 31, 2 milyon 20 bin ışık yılı uzaklıkta milyarlarca yıldızdan oluşmuş dev bir sistemdi. Bu yıldızlar, büyük bir çekirdek etrafında belirli bir geometriyle dizilmişlerdi. Andromeda gökadasının şekli bir sarmaldı. Tıpkı dibindeki tıpa açıldığında havuzdan boşalan suyun oluşturduğu anafor; salyangozun kabuğu veya hayatın yapıtaşı DNA gibi, milyarlarca yıldızdan oluşmuş bu dev sistem de, sarmal şekilli idi.

Hubble, Andromeda bulutsusunun bir yıldızlar topluluğu olduğunu anladığı zaman, o güne dek süregelen evrenin boyutları birden genişlemiş oldu. Çünkü 1920'lerde Samanyolu gökadasının, evrenin tamamı olduğu sanılıyordu. Uzun zamandır gözlenen ve gaz bulutu olduğu sanılan bir gök cisminin bir anda başka bir samanyolu olduğu anlaşıldığında astronomlar tahmin edilenden çok daha büyük bir evrende yaşadığımızı anladılar. Şimdi ise şu soru akla geliyordu:

- Eğer Samanyolumuz evrendeki tek gökada değilse; daha pek çok gökada olamaz mı?



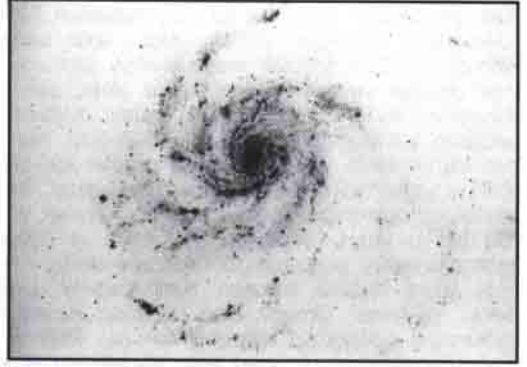
Büyükayı Takımyıldızı'ndaki M 81 Sarmalı

Lick, gözlemvini yönettiği yıllarda (1898-1900) James E. Keeler, 90 cm çaplı teleskopla yaptığı gözlemlerde pek çok sönük bulutsunun sarmal şekilli olduğunu tespit etti. Keeler'in gözlemi, ilerleyen yıllarda daha gelişmiş araçlarla çalışan Hubble ve diğer astronomlar doğrulandı. Evrende siliik bir bulutsu izlenimi veren sarmal şekilli pek çok gök cismi vardı. Bu cisimlerin ayrıntılı incelenmeleri, tıpkı M 31 gibi, bu gök cisimlerinin de milyarlarca yıldızdan oluşmuş uzak gökadarlar olduklarını ortaya çıkardı. Gözlenen gökadarların kimi küre, kimi elips, kimi sarmal, kimi de düzensiz şekilliydiler. Edwin Hubble, evrendeki tüm gökadarları, geometrik şekillerine dayanarak üç ana gruba ayırdı. Bunlar Sarmallar, Eliptikler ve Düzensizlerdi. Hubble, sarmal şekilli gökadarları inceleyerek bunları da iki temel gruba ayırdı.

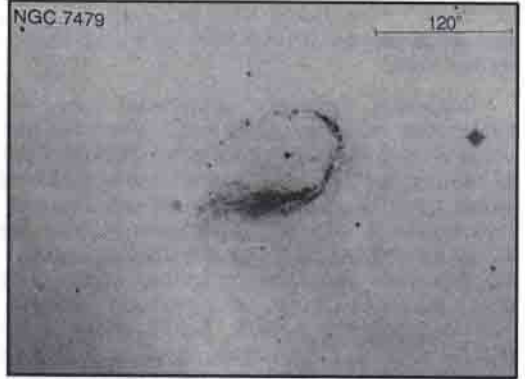
Birinci grup normal sarmallardı. Normal sarmallar, yoğun bir çekirdek etrafında iki yana açılmış kollarıyla gerçekten çok güzel ve ilginç yapılarıdır. Sarmallar, iki yana açılan kolların merkeze yakınlığına göre 3 farklı alt sınıfa bölünürler. İkinci grup olan Çubuklu sarmallar ise daha farklı bir yapıya sahiptirler. Çubuklu sarmalların çekirdeklerinin iki yanına doğru birkaç bin ışık yılı uzunlukta dev bir çubuk göze çarpar. Sarmal kollar ise çubuğun uçlarından kıvrılır. Bu çubuk, gökadanın kütlesinin önemli bir kısmını barındırır. Çubuk olarak adlandırılan bölge, binlerce yıldızın bir çizgi üzerine dizildiği ilginç bir bölgedir. Gökada kendi eksenini etrafında dönerken bu çubuğun şeklinin düz olması, astronom ve fizikçileri şaşırtmaktadır. Evrende gözlenen gökadarların % 75'i sarmal, % 20'si eliptik, % 5'i düzensiz şekillidir.

Niçin Sarmal?

Bir gökadanın sarmal şekilli olmasının nedeni, şu an için kesin olarak bilinmemektedir. Sarmal yapının nasıl oluştuğunu anlama yolunda ilk büyük ilerleme, 1964 yılında C.C. Lin ve Frank Shu tarafından öne sürülen Yoğunluk-Dalgı Kuramı'dır. Gökada içerisindeki dalgalanmaların sarmal kolların oluşumuna neden olduğunu öne süren bu kuramın açıklayamadığı bazı noktalar bulunmaktadır. Bir diğer kuram olan Gelişigüzel Yıldız Oluşumu Kuramı ise ömrünü şiddetli bir süpernova patlamasıyla sona erdiren bir yıldızın ardından pek çok yıldızın zincirleme ölümü yüzünden, galaksilerin sarmal kollarının oluştuğunu öne sürmektedir. Bu kuramların anlaşılması iyi bir matematik ve fizik bilgisi gerektirdiğinden konunun ayrıntılarına girmeyeceğiz. Fizikçi olsun olmasın, sarmal gökadaya bakan herkesin aklına bu dev gök cisminin girdaba benzediği gelir. Nasıl girdap sürekli bir merkez etrafında dönerse, sarmal gökadarlar da kendi çekirdekleri et-



C tipi bir sarmal gökada



NGC 7479 Çubuklu Sarmalı

rafında dönerler. Dönme, sarmal kolların şeklini etkiler. Üretilen kuramların içerisinde gökadanın dönüşünün de hesaba katılması gerekir. Sarmal şeklin oluşumunu anlama yolunda önemli bir kilometre taşı, bilgisayar teknolojisindeki gelişim olmuştur. Hızları ve kapasiteleri artan bilgisayarlar yardımıyla yapılan modeller, sarmal şeklin oluşumundan, çarpışan gökadarların geometrilerine kadar pek çok konuda bize yardımcı olmaktadır. Fakat bu güne değin sarmal gökadarlar ile ilgili tüm gerçekler açığa çıkmış değildir.

Galaksi Nedir?

Galaksi, Yunanca "sütlü" anlamına gelir. Samanyolumuzu, berrak ve karanlık gecelerde gözleyen eski Yunanlılar, gökadamızı, Tanrıça Hera'nın cennet üzerine serptiği ana sütü olarak düşünmüşlerdir.

Eski Yunan insanının romantik hayal gücü ile süt olarak tanımlanan Samanyolu, bizim kültürümüzde ise saman çalan birinin kaçarken arkasına döktüğü samanlar olarak düşünülmüştür.

Galaksiler, her türden yıldızın bir arada bulunduğu dev ölçekli yapılardır. Bir galakside bir-

kaç yüz milyar yıldız olabilir. Bu yıldızların kimi dev parlak güneşler, kimileri küçük ama sıcak yıldızlardır. Kimi yıldızlar mavi, kimileri kırmızıdır. Her çeşitten ve her renkten sayısız yıldız, çekim kuvvetiyle bir arada bulunur. Gökadayı oluşturan yıldızlar, yalnız değildir. Bazıları ikili-üçlü; bazıları ise yüzlerce yıldızdan kurulu gruplar halinde birlikte yaşar ve ortak bir kaderi paylaşırlar. Yıldızların gruplaştıkları küçük çaplı toplanmalar, yıldız kümesi adını verdiğimiz çok ilginç ve güzel gök cisimlerini oluşturur. Gökada içerisinde pek çok yıldız kümesi bulunur. Kimi dağınık, kimi küre şeklinde simetrik olan bu yıldız kümeleri gökadaya gelişigüzel serpiştirilmemiştir. Dağınık, belirli bir simetrisi olmayan yıldız kümelerine Açık Küme adı verilir. Açık Kümeler, genç yıldız topluluklarıdır ve gökadanın sarmal kollarında çokça bulunurlar. Küre Şekilli Kümeler, Açık Kümelerden daha yaşlıdır ve gökadanın çekirdeği etrafında yer alırlar.

Gökadalar, yalnızca yıldızlardan oluşmaz. Çok büyük miktarda henüz yıldız olamamış gaz bulutları veya ölen yıldızların uzaya püskürttükleri tozlar dağınık bir halde, yıldız seline kapılmış olarak çekirdek etrafında döner. Gökadaların sarmal kollarında kimi soğuk ve karanlık, kimi ise sıcak, aydınlık ve canlı pek çok bulutsu bulunur. Bu bulutsular yıldızların doğumdan önceki hali olan Karanlık Bulutsular, genç yıldızların ilk ışıklarıyla aydınlatıkları Aydınlık Bulutsular veya ölü yıldızların uzaya püskürttüğü gaz ve tozlardan oluşan Gezegeni Bulutsular gibi çeşitli özellikler taşıyan, birbirinden farklı gök cisimleridir.

Gökadalar, durağan yapılar değildir. Çekirdek, kütlenin büyük kısmının bulunduğu yerdir ve tüm sistem, bu çekirdek etrafında döner. Kolayca tahmin edilebileceği gibi bir yıldız çekirdeğe ne kadar yakınsa o kadar hızlı döner. Samanyo-



Av Köpekleri Takımyıldızı'ndaki M 51 Girdap Gökadası...

lu'nun bir parçası olan yıldızımız Güneş de Samanyolu etrafında hareket halindedir. Güneş'in konumu, Samanyolu'nun Orion (Avcı) ve Sagittaris (Yay) kolları arasında bir yerdedir. Güneş, çekirdeğe 32500 ışık yılı uzaklıktadır. Bu uzaklıkta Samanyolu etrafında saniyede 20 km'lik bir hızla döner. Güneş'in, Samanyolu'nun çevresindeki her bir turu, 250 milyon yıl sürer. Güneş'in Samanyolu etrafındaki dönüş süresine "Galaktik Yıl" adı verilir.



Samanyolu'nun bir sanatçı tarafından çizilen temsili resmi

Samanyolu'nun boyutları, insanı şaşırtacak kadar büyüktür. Gökadamız, bir baştan diğerine 100.000 ışık yılı çaptadır. Bir diğer deyişle Samanyolu'nun bir ucundan çıkan ışık, saniyede 300.000 km hızla gökadanın öbür ucuna 100.000 yılda ulaşır. Kalınlığı ise çekirdekte 20.000, sarmal kollarında 7 ışık yılı kadardır. Samanyolunun tamamı yıldızlarla dolu değildir. Arada büyük boşluklar bulunmakta, kimi bölgelerde Yıldız Bulutu adını verdiğimiz toplanmalar gözlenmektedir. Samanyolu ve diğer bazı gökadaların çekirdeklerinde ne olduğu konusunda pek çok tartışma vardır. Henüz kesinlik kazanmamakla birlikte çekirdekte süper kütleli bir karadelik olduğu da söylenmektedir.



Güney Gökküre'de yer alan NGC 4622 Sarmal



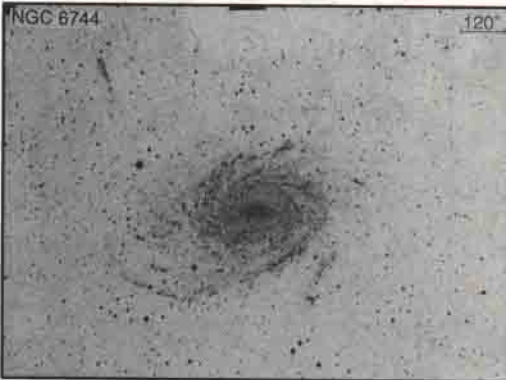
Pavo Takımyıldızı'nda yer alan bir çubuklu sarmal...

Canlılar için geçerli olan evrim kuramı, gökadalılar için de geçerlidir. Gökadaların evrimi denildiğinde, gökadayı oluşturan yıldızların evrimi akla gelir. Gökadayı oluşturan her yıldız, tıpkı canlılar gibi doğar, bir süre yaşar ve sonra ölür. Sarmal kolları sürekli yeni yıldızlar oluşurken yaşlı yıldızlar ölür. Yıldızların ömürleri, kütleleriyle orantılıdır. Güneş kütleindeki bir yıldızın ömrü, yaklaşık 10 milyar yıldır. İnsan ömrü için bu süre çok uzun olduğundan, bir yıldızın yaşamını baştan sona takip edemeyiz. Yalnızca yaşamlarının belirli aşamalarına tanıklık ederek yıldızlar hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Bu konuda William Kaufmann çok güzel bir örnek verir. İnsanlar, tıpkı bir ormanda yaşayan böcekler gibidir. Bir böceğin ömrü, bir tohumun büyüyerek fidana dönüştüğünü görmeye yetmez. Bu nedenle böcekler, içinde yaşadıkları ormanı, değişmez gibi görürler. Oysa yavaş da olsa ormanda sürekli bir hareket vardır. Kimi ağaçlar çatırtıyla yıkılır, kimileri yavaş yavaş büyür. Böcekler bu hareketi bir türlü algı-

layamazlar. Durum insan içinde aynıdır. Gökadamız Samanyolu, sürekli evrimleşmekte, kimi yıldızlar doğmakta, kimileri ölmektedir. Gökada bu arada sürekli çekirdeği etrafında dönmekte ve büyük ihtimalle şekli değişmektedir.

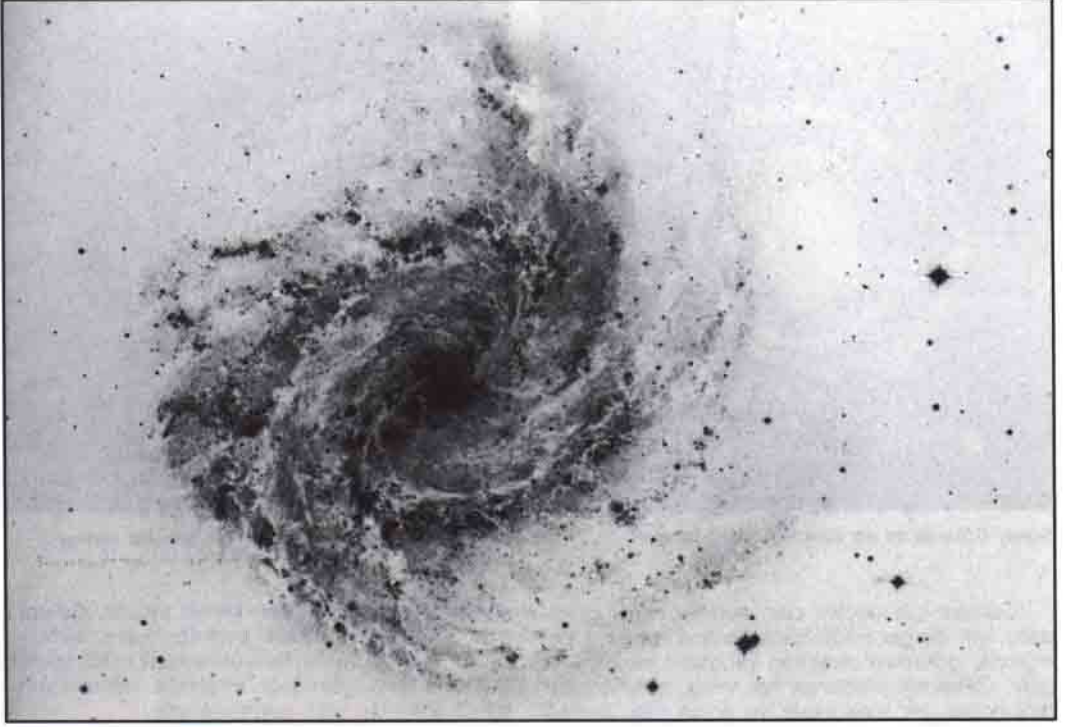
Samanyolu Nasıl Bir Gökada?

Geçtiğimiz yıl, gözlemsel kozmoloji ile uğraşanlar, son gözlemsel veriler ışığında Samanyolu'nun şeklini yeniden ele aldılar. Amerikalı astronom Harlow Shapley'in yaptığı ölçümler, Samanyolu'nun sarmal bir gökada olduğunu gösteriyordu ve astronomlar yıllardır sarmal bir gökada içinde yaşadığımız konusunda hemfikirtiler. Geçen yıl bu konudaki tartışmalar şiddetlendi. Amerikalı bir grup bilim adamı Samanyolu'nun sanıldığı gibi bir sarmal değil, Çubuklu Sarmal bir gökada olduğunu ilan ettiler. Uzun tartışmalardan sonra bu tezlerini kabul ettirdiler. Bu yeni bulgu, şu anlama geliyor: Eğer bir milyon ışık yılı uzaklıktan Samanyolu'na bakarsak, bir girdap değil de ortasından bir çubuk geçen, iki kolu bu çubukların ucundan ayrılmış ve kıvrılmış çok ilginç bir şekli olduğunu göreceğiz.



NGC 6744 C tipi çubuklu sarmal

Görüldüğü gibi sarmal gökadalılar evren okyanusundaki pek çok ada türünden biridir. Bizlerin kısa yaşamı, Samanyolu isimli gökadamızın sarmal kolları arasında sürüyor. Yaz gecelerinde Samanyolu'nu izlerken kendi gökadamızın ne kadar muhteşem olduğunu görüyoruz. Bu sırada Samanyolu ağır ağır kendi eksenini etrafında dönüyor ve evren okyanusunda uzak bir noktaya doğru döne döne yol alıyor. Yakın çevremizdeki gökadalara bakarak, Samanyolu'nun sıradan bir gökada olduğunu söyleyebiliriz. Çünkü şimdilik insanoğlu en gelişmiş araçlarla yüz milyar gökada tespit etti. Herbiri Samanyolu gibi görkemli



NGC 6236 sarmal gökadasında yoğun yıldız bölgeleri ve genç yıldızların oluştuğu gaz bulutları çekirdekten kıvrılmış iki sarmal kol halinde görülüyor.

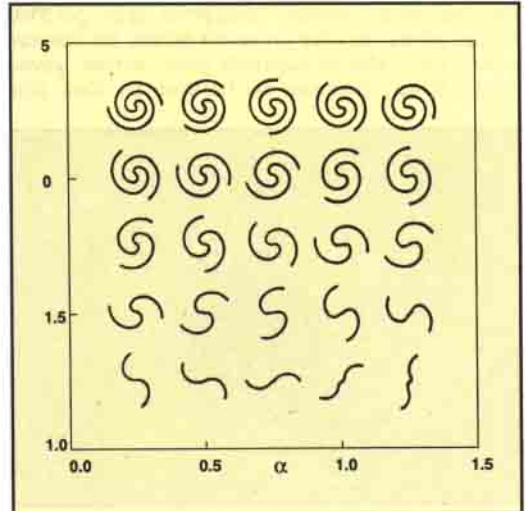
sistemler olan bu gökadarlar, çok çeşitli şekillere sahipler. Fakat içlerinde en ilginç ve güzel olanları şüphesiz sarmallar.

Kendi Sarmalını Kendin Yap...

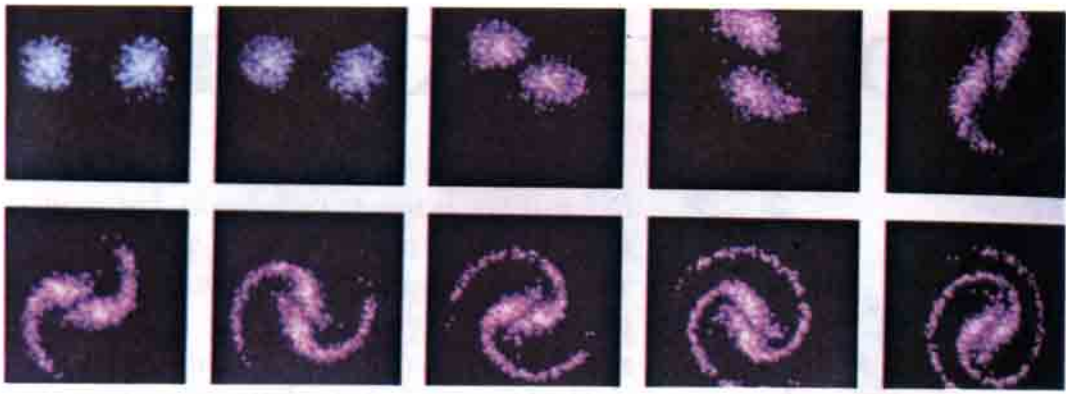
Bir sarmal gökadanın nasıl oluştuğunu, gökaya sarmal şeklini neyin verdiğini henüz bilmiyoruz. Fakat buna rağmen bir takım bilgisayar programları yardımıyla bazı sarmal gökada şekillerini üretmemiz mümkün. Bir sarmal gökadanın çekirdeği ve çevresindeki sarmal kollarını çizen bir bilgisayar programını aşağıda veriyoruz. Programın adı, SARMAL.BAS, *Sky and Telescope* dergisinin aralık 1990 sayısında yer alan programın yazarı Sussex Astronomi Merkezinden N. Riazı. Ben, programın aslına zarar vermeksizin üzerinde bir takım değişiklikler yaptım. IBM uyumlu PC'ler için GWBASIC diliyle yazılmış olan program, hem öğretici hem de eğlendirici yönleriyle her astronomi meraklısının ilgisini çekecek nitelikte. Programı bilgisayara yazmak için ilk önce GWBASIC.EXE'yi çalıştırmanız gerekiyor. Bu sayede bilgisayarı BASIC diliyle programlayabiliyorsunuz. GWBASIC çalıştıktan sonra programı yazarak SAVE "SARMAL.BAS" komutuyla sabit diske veya disketinize kaydedin. Eğer elinizde GRAPHICS.COM isimli program varsa, GWBASIC.EXE'yi çağırmadan önce bu programı yükley-

menizde çok yarar var. Çünkü GRAPHICS.COM sayesinde çizdiğiniz sarmalları yazıcıdan kağıda dökebilirsiniz.

Eğer bilgisayarınızda VGA grafik kartı varsa programı değiştirmeden kullanabilirsiniz. Eğer CGA kartınız varsa, 270. satırı 270 SCREEN 1 ile değiştirin. Grafik kartı olmayan bilgisayarlarda ise



Tablo 1



Bilgisayar yardımıyla üretilen sarmal gökada modelleri...

270, 280, 330 ve 420. satırları ve 410. satırdaki REM komutunu silin. Bu şekilde programı kullandığınız bilgisayara uygun hale getirebilirsiniz

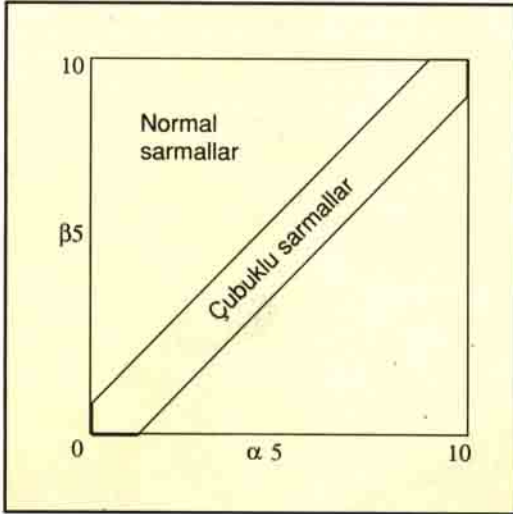
Bu program yardımıyla çeşitli parametrelerle oynayarak kendi sarmal gökadanızı kendiniz çizebilirsiniz. Sarmal gökadanın dinamiği, sarmal kolların eğriliği ve gökadanın diğer geometrik özelliklerinin anlaşılması, çalışma gerektiren şeylerdir.

Program çalışırken sorulan sorular ile ilgili olarak ayrıntılı açıklamalar tümüyle işleri karıştıracığından bu parametreleri kısaca açıklayalım: Alfa ve Beta değerleri, sarmal gökadanın şeklini değiştiren parametrelerdir. Alfa ve Beta'nın aldıkları değerler ve bunlara karşı gelen sarmal şekilleri, 1. tablodan görebilirsiniz. Program çalıştığında sorulan bir diğer soruda "Eğim açısı". Bu açı, adından da anlaşılacağı gibi sarmalın kaç derecelik bir eğimle yan durduğunu verir. Program yardımıyla elde edeceğiniz sarmal şekillerin hangi sınıfa dahil olduğunu anlamak için, 2. tab-



Tipik bir çubuklu sarmal: NGC 1365... Bilgisayar simülasyonu ile arasındaki benzerliğe dikkat edin.

loda yararlanabilirsiniz. Şüphesiz SARMAL, BAS, NASA tarafından kullanılacak gelişmiş bir program değil ama yine de ilgilenenlere uzun süre eğlenceli anlar yaşatacak. Programı kullanmanın en zevkli yanı, parametreleri değiştirdiğinizde ortaya çıkan sarmal şeklin gerçek gökadalara benzemesi.



Tablo 2

```

1 CLS
100 REM *SARMAL.BAS*
110 REM * ÇEŞİTLİ TIPLERDE SARMAL GÖKADALAR ÇİZER*
120 REM
160 SCREEN 0,0,0
170 KEY OFF
180 PI=3.14159 : DR=PI/180
200 PRINT "DEĞERLERİ GIRIN:"
210 INPUT "Alfa=" : A1
215 INPUT "Beta=" : B1
220 INPUT "Eğim açısı=" : J
230 INPUT "Konum açısı=" : W
240 XC=300 : YC=90 : MX=40 : MY=28
250 I=I*DR : W=W*DR
260 CLS
270 SCREEN 2
280 CIRCLE (XC, YC), 10
290 F=0 : GOSUB 320 : REM 1. sarmal kol
300 F=PI : GOSUB 320 : REM 2. sarmal kol
310 END
320 REM sarmal kol çizimi
330 PSET (XC, YC)
340 FOR J=1 TO 100
350 R = J/20
360 IF R < 1 THEN PH= (A1-B1) *R
370 IF R < 1 THEN 390
380 PH=A1-B1*R+A1*LOG(R)
390 X=MX*R*COS (PH+W+F)+XC
400 Y=MY*R*SIN (PH+W+F)*COS(I)+YC
410 REM PRINT X: Y
420 LINE - (X, Y)
430 NEXT J
440 RETURN

```