

GEZEGENSEL HALKALAR

Özgecan ÖNAL^{1,2}, A. Talât SAYGAÇ¹

Özet

Bu çalışmada Satürn gezegeninin etrafındaki halkalar temel alınarak, Güneş Sistemi'nde gözlenen halka yapılarının oluşumu ve dinamik evrimi; başta Satürn olmak üzere Güneş Sistemi'nde halka yapısına sahip olan dört gaz devinin halkalarının keşfi, genel özellikleri ve bu gezegenlerin uydularının halkalara olan etkileri incelenmiştir. Ayrıca Cassini – Huygens Misiyonu'ndan bahsedilmiştir. Halka yapılarının sadece sistemimize özgü olduğu düşünülemez. O nedenle, “Güneş Sistemi dışındaki sistemlerdeki gezegenlerde olabilecek halka yapıları ile ilgili bazı bilgilere de yer verilmiştir.

Abstract

In this project on the basis of the Saturn Rings we examined the dynamical evolution and forming of the ring material around a planet; the discovery of planeter rings; the general physical properties of rings; and the possible effects of moons to the rings around the each gas giant planet in our Solar System. In addition, we examined the Cassini – Huygens Mission, Extrasolar Planeter Rings.

1. Giriş

Evren, aklımıza gelen tüm yapıları içeren astronomik bir kavramdır. Evrenin temel yapıtaşları galaksiler ve galaksi kümeleridir. Çok sayıda yıldızın bulunduğu çekimsel bakımdan bağlı ve dengeli sistemlere “galaksi” denir. Bir galakside sadece yıldızlar değil, aynı zamanda yıldızlararası ortam olan gaz ve toz da bulunur. Galaksilerin yapıtaşları ise yıldızlardır. Yıldızlar gaz ve tozun büyük miktarlarda birleşmesi ile oluşmuş gök cisimleridir. Evrendeki yapılar, hep gaz ve tozun farklı miktarlarda bir araya gelmesi ile oluşmuştur. Yani gaz ve toz çekim kuvvetinin etkisiyle gittikçe sıklaşarak toplanır ve gök cisimleri meydana gelir diyebiliriz.

Çekim kuvveti nasıl bir kuvvettir? Herhangi iki cisim için; cisimlerin aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı ve kütlelerinin çarpımı ile doğru orantılı bir büyüklüktür. Bu kuvvet Newton tarafından bulunmuş ve $F=G*(M*m)/r^2$ şeklinde gösterilmiştir. Bu kanuna “çekim kanunu” denir ve evrenle ilgili çok temel bir takım gerçekleri ortaya koyar. Cisimler birbirinden uzaklaştıkça çekim kuvveti azalır ve cisimler birbirine yaklaştıkça da çekim kuvveti artar.

İki cisim ele alalım. Bir kütle, bir kuvvete maruz kalınca ivme kazanır. Yani hızı her saniye kütlesi ile ters orantılı olarak değişir. Kazanılan açısal momentum sayesinde o kütle dönmeye başlar. Bu cisimler sahip oldukları kütleleri gereği yani, bir anlamda çekim kuvveti gereği ortak bir kütle merkezi etrafında hareket ederler. Kütle merkezi, büyük kütleli cisme daha yakındır. Eğer kütleler arasındaki fark çok büyükse küçük cisim sanki büyük cismin etrafında dönüyormuş gibi görünür. Buna şöyle örnekler verebiliriz: Güneş ve Dünya, Dünya ve Ay.

¹ İstanbul Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119-Üniversite-İstanbul,
Tel: (0212) 440 00 00 – 10292 , Fax : (0212) 440 03 70, e-posta: nacegzo_2003@yahoo.com, e-posta:
saygac@istanbul.edu.tr

² İ.Ü.F.F. Amatör Astronomlar Kulübü; 34452 - Üniversite - İstanbul

İşte Güneş Sistemi'nde de olan budur. Aslında merkezde Güneş'in olması onun, sistemin en kütleli cisim olmasından ve diğer cisimlerin kütlelerinin ona göre çok küçük olmasından ve sistemin toplam kütlelerinin Güneş'in kütlelerinden daha az olmasından kaynaklanır. Benzer şekilde bir gezegen sistemini de ele alabiliriz. Dünya-Ay sisteminde; Dünya ve Ay ortak bir kütle merkezi etrafında hareket ederler. Satürn ve uydularından oluşan daha büyük bir sistemi ele alırsak yine aynı manzara ile karşılaşırız. Bütün uydular gezegenlerine çekimle bağlıdır ve ortak bir kütle merkezi etrafında hareket ederler. Kütle merkezi bu kez de gezegene çok yakındır. Örneğin, Satürn ve uyduları.

Uydu Nedir?

Kabaca, bir gezegenin etrafında, muhtemelen gezegenin oluşumu sırasında yer yer yoğunlaşmalar göstermiş gaz ve tozdan oluşan cisimler olarak tanımlayabiliriz. Ancak, bir gezegenin uydusu sonradan da oluşabilir. Mesela bir gezegen sistemde başıboş dolanan bir cisim çekim etkisi ile gezegen etrafındaki bir yörüngeye oturabilir; gezegene çarpıp ondan parça koparacak kadar büyük bir cisim etkisiyle oluşabilir. Gezegenin uydularının parçalanması ile yeni uydular oluşabilir. Uyduların büyüklükleri bir gezegen boyutunda ya da mikron mertebesinde olacak şekilde değişir. Peki, belirli bir yoğunlaşma göstermeyen daha küçük parçalar da varsa? İşte o takdirde sürecin biraz daha gelişmiş ile karşı karşıya kalırız.

Bir Teori...

Gezegen halkalarının oluşumunu inceleyebilmek için bir gezegenin nasıl oluştuğunu bilmek gerekir. Homojen dağılım göstermeyen bir gaz ve toz bulutu ele alalım. Bu gaz ve toz bulutu zamanla merkezsel bir yoğunlaşma göstererek bir gezegen oluşturur. Maddelerin dağılımı homojen olmadığı için merkezsel yoğunlaşma dışında yer yer küçük yoğunlaşmalar da olur. Bu sayede gezegene ait uydular meydana gelir. Fakat bulutu oluşturan bütün taneciklerin yoğunlaşması mümkün değildir. Bazı parçacıklar gezegenin çevresinde dağınık bir biçimde ve yoğunlaşmadan kalırlar. Yoğunlaşamayan bu parçacıklar gerek gezegenin uyguladığı kuvvetler, gerek parçacıkların birbirini etkilemesiyle zamanla belli bir düzlemde toplanırlar. Parçacık sayısının çok oluşu toplanmanın çabuk ve sürekli olmasını sağlar. Parçacıkların birbiriyle etkileşmesi sonucunda da toplanma basırlaşır. Parçacıklar arasındaki etkileşmeler başka olayların da etkisiyle zamanla dengeye oturur. Bulut yassı ve ince bir hal alır. Bu noktadan sonra da şekil bakımından büyük bir değişim olmaz. Artık halka kavramını tanımlayabiliriz:

“Merkezsel bir cisim etrafında dönen hemen hemen geçirgen olmayan bir disk oluşturan birbirinden bağımsız parçacıklar topluluğuna “gezegensel halka” denir.”

Halkaların Dinamik Evrimi

Bir gezegeni merkez olarak yörüngelenmiş ve nasıl oluştuğunun önemsiz olduğunu varsayarak, bir gaz ve toz bulutunun bu gezegene ait bir halka oluşturması için üç aşamadan geçmesi gerekir. Gezegen küresel olsun ve bu aşamaları inceleyelim. Bir gezegeni merkez olarak yörüngelenmiş ve nasıl oluştuğunun önemsiz olduğunu varsayarak, bir gaz ve toz bulutunun bu gezegene ait bir halka olması için üç aşamadan geçmesi gerekir. Gezegen küresel olsun ve bu aşamaları inceleyelim: 1) Gezegen etrafındaki parçacıkların birbirini karşılıklı olarak etkilemesi sonucunda, parçacıklar bulutunun basık bir şekil alması. 2) Birbirine yakın iki parçacıktan gezegene yakın olan diğerine göre daha hızlı hareket eder. İki cisim arasındaki bu ilişki her ikisi üzerine eşit büyüklükte ve zıt yönlü kuvvet etkimesine neden olur. Böylece içteki parçacık gezegene daha da yaklaşırken, dıştaki parçacık da daha uzaklaşır. Bu harekete “makas hareketi” denir. 3) Parçacıkların birbirini etkilemeyecek konumda olduğu ve halkanın dinamik bakımdan değişmediği aşamadır.

2. Dinamik Evrimin Temel Taşları

2.1. Laplace Düzlemi

Merkezsiz bir cisim etrafında rastgele yörüngelerde dolanan herhangi iki parçacık ele alalım. Merkezsiz cisim bir gezegen olsun. Bu parçacıklar yörüngelerinde dolarken zaman zaman birbirleriyle etkileşirler ya da çarpışırlar. Bu çarpışmalar sayesinde rölatif hızları değişir. Parçacıkların birbirini etkilemesinin yanı sıra gerek gezegenin tam bir küre olmamasından veya parçacıklar herhangi bir uydunun yörünge düzleminde iseler bu uydunun pertürbasyonundan dolayı, zamanla ortalama bir düzlem olan Laplace Düzlemi'ne sürüklenirler. Laplace düzlemi eğrisel bir yüzey olup, Güneş Sistemi'ndeki dev gezegenlerin ekvator düzlemine paraleldir. İki parçacığın böyle bir süreç sonrasında Laplace düzlemine yerleşmesi oldukça uzun zaman alır. Ama gezegensel halkalar çok sayıda tanecik içeren bir topluluktur. O nedenle parçacıkların birbirini etkilemesi, gezegenin veya uyduların parçacıkları etkilemesi hızlı olur. Her parçacığın yörüngesi Laplace düzlemine yığılmaya izin vermeyebilir. Dolayısıyla bu parçacıklar da yörüngeleri boyunca hareketlerine devam ederler. Ancak bu yörüngeler, merkezsiz hareketten dolayı Laplace düzleminde bulunan taneciklerin yörüngesi ile iki kez kesişir ve parçacıklarla etkileşmeye girerler. Ancak etkileşmenin olup olmaması diye bir durum da söz konusudur. Düzlemde bulunan taneciklerin opaklığı ne kadar fazla ise etkileşme de o kadar fazla olur. Bu durumun sonuçlarından biri bağımsız parçacığın düzleme yığılması olabilirken, diğer bir sonucu ise halkanın kalınlaşması ya da yeni halkaların oluşmasıdır. Bu durum da halkanın opaklığının bir ölçüsüdür. Çünkü halka ne kadar opak olursa etkileşmelerde o denli fazla olur. Bunun sonucunda da halkanın kalınlaşması ya da yeni halkaların oluşması ihtimali artar.

2.2. Roche Limiti

Bir gezegenin bir cisme olan gelgit etkisinin, çekim kuvvetinden daha fazla olduğu uzaklığa "Roche Limiti" denir. Gezegensel halkalar genellikle bu limit içerisinde yer alır. Roche limiti gezegenin yarıçapına, yoğunluğuna ve uydunun yoğunluğuna bağlı olarak değişen bir büyüklüktür. $R.L=2.446.R.(\rho_p/\rho)^{1/3}$, ρ_p :Gezegenin yoğunluğu, ρ :Cismin yoğunluğu, R :Gezegenin yarıçapı,

2.3. Gelgit Etkisi

Astronomik cisimlerin farklı kısımlarına uygulanan çekim kuvvetlerinin neden olduğu bozulmalardır. Herşeyin birbirinin çekimi altında olduğu gerçeğinin bir başka kanıtı da bu etkidir. Ay'ın gelgit etkisinin Dünya okyanuslarında yaptığı etki sonucu sular günde iki kez yükselir ve iki kez alçalır. Sıvı bir uydusu bu limitte bulunursa bütünlüğünü koruması mümkün olmaz ve kaçınılmaz son olan parçalanmaya maruz kalır. Katı yapıları cisimler ise bu limitten daha da fazla yaklaşabilir. Ancak büyüklük bir sınırlamaya neden olur ve belirli bir büyüklükten fazla olan cisimler yaklaşamazlar. Bilim adamları gezegensel halkaların Roche limiti içerisinde bulunmasından yola çıkarak ve üstte bahsettiğimiz sınırlamaları da kullanarak bir sonuca ulaşmışlardır.

2.4. Uyumlu (Sinkron) Konum

Bir uydunun, gezegeni etrafındaki bir dolanımını tamamladığı sürenin, gezegenin kendi eksenini etrafında bir turunu tamamladığı süreye eşit olduğu durumdaki uzaklığa "sinkron konum" denir. Gezegenimizin uydusu Ay da sinkron konumda bulunmaktadır. O nedenle her gece aynı yüzünü görmekteyiz. Aslında bir ay boyunca Ay yüzeyinin %66'lık kısmını görürüz. Sinkron konum parçacıkların evrim yollarını ikiye ayırır. 1) Sinkron konumdaki parçacıklardan gezegene yakın olan içteki parçacıkların daha içe, gezegene uzak olan dıştaki parçacıkların daha dışa sürüklenmelerine neden olur. 2) Elektromanyetik kuvvetler 1 mikrondan daha küçük parçacıkların sinkron konumda toplanmalarına neden olur.

2.5. Kepler Kanunları

Gezegensel halkalar Kepler Kanunlarına uygun olarak hareket ederler. Kepler Kanunlarından biri: **“Bir cisim odaklarından birinde Güneş olan eliptik bir yörüngede hareket eder.”** şeklindedir. Bu kanun Güneş Sistemi içerisinde Güneş merkezli hareketler için geçerlidir. Bir gezegen etrafında hareket eden bir uydunun için bu kanunu uygularsak, cisim odaklarından birinde gezegen olan eliptik bir yörüngede hareket eder. Ancak gezegensel halkaların eksentrisiteleri çok küçüktür. Kepler’in bir başka kanunu da Alanlar Kanunudur. Alanlar kanunu; **“Güneş’i gezegene birleştiren yarıçap vektör, eşit zamanlarda eşit alanlar süpürür.”** şeklindedir. Bu kanuna göre gezegen Güneş’e yakın iken daha hızlı hareket etmeli ki süpürdüğü geniş alanı taramak için geçen zaman uzakken süpüreceği dar alandaki hızı ile eşit olsun. Uygulayacak olursak uydunun gezegene yaklaştıkça daha hızlı hareket eder. Yani içteki halka bileşenleri, dıştaki halka bileşenlerinden daha hızlıdır.

2.6. Çoban Uydular

Uydular disk içinde bulunan görece daha büyük parçalardır. Bunlar; halka yapısının korunmasında, halkaların şekillenmesinde, halkaya madde sağlanmasında ve halka yapısından bazı maddelerin uzaklaştırılmasında rol oynarlar. Bazı gök bilimciler büyük uyduların bu davranışlarını “çobanlık” olarak görmüşlerdir. O nedenle bu uydulara literatürde **“çoban uydular”** denir. Detayları, Satürn Halka Sistemi’nde yeterince izlenebilmiştir.

2.7. Rezonant Yörünge

Rezonans olayı nedeniyle parçacıkların belli bölgelerde çok fazla olması ya da yine aynı olay nedeniyle belli bölgelerde parçacıkların olmaması ya da çok az olması durumundaki yörüngedir. Gezegensel halkalar söz konusu olduğunda halkaların büyük bir çoğunluğunun yakınlarındaki çoban uydularla ve bu uydular aracılığıyla bazı halkaların birbirleriyle rezonansa olduğu bilinmektedir.

2.8. Halkaların Kalınlaşması

Laplace düzlemi dümdüz ince bir alan değildir. Aksine kalınlığı olan bir yüzeydir. Parçacıklar sürekli etkileşim halindedir. O nedenle çarpışmalar her zaman olabilir. Çarpışan parçacıkların rölatif hızları sürekli değişir. Rölatif hızın dikey bileşeni parçacıkların Laplace düzleminde yatay olarak değil de dikey olarak konumlanmasına da sebep olur ve bu da halkanın kalınlaşmasını sağlar. Bu durum sadece kalınlaşma için etkili değildir aslında. Çünkü aynı zamanda parçacıkların gezegene yaklaşmasına ya da uzaklaşmasına da sebep olur. Gezegen halkalarının şekillenmesinde, iki olayın daha önemli etkileri vardır. Bu etkiler sonucu parçacıklar büyüklükleri ile ters orantılı olarak gezegene yaklaşırlar. **Poynting-Robertson Sürüklenmesi:** Halka parçacıklarının fotonlar ile çarpışması sonucu olan sürüklenmedir. **Plazma Sürüklenmesi:** Halka parçacıklarının gezegenin manyetik küresinde bulunan plazma ile çarpışması sonucu meydana gelen sürüklenmedir.

3. Dev Gezegenlerin Halkalarının İncelenmesi: Satürn’ün Halka Sistemi

3.1. Satürn Halkalarının Keşfi

Satürn’ün halka sistemine ait ilk gözlemler 1610 yılında, Galileo Galilei tarafından yaklaşık 30 cm çaplı küçük bir teleskop ile yapılmıştır. Galileo kendi teleskobunu yapan ve onu bilimsel amaçla kullanan ilk bilim adamıdır. Teleskobun icadı Hollandalı bir gözlük firmasına aittir. Galileo Satürn’ü ilk gözlediğinde üçlü gezegen sistemi olduğunu düşünmüştü. Aradan birkaç yıl geçtikten sonra tekrar Satürn’ü gözlediğinde gezegenin diğer iki bileşenini görememişti ve bunun nedenini anlayamamıştı. Bugün neden görülmediğini biliyoruz. Çünkü o dönemde halka sistemi Dünya’ya göre yan duruyordu. Maalesef Galileo bu gerçeği öğrenemedi. 1659 yılında Huygens, Satürn’ün tutulum dairesi boyunca uzanan ve

hiçbir yeri gezegenin kendisine değmeyen yassı bir halka bulunduğunu öne sürmüştür. Bu teori uzun yıllar boyunca kabul görmedi ama daha sonra haklı olduğu ortaya çıktı ve Huygens, Satürn'ün halka sistemini doğru biçimde açıklayan ilk kişi ünvanını aldı. 1705 yılında Cassini Satürn halkalarının gezegenin çevresinde dönen küçük parçacıklar olduğunu ortaya koymuştu. 1848 yılında Roche, kütle çekimi yok denebilecek kadar az olan bir cismin bir gezegene çok yaklaşması durumunda parçalanacağını kanıtladı. Bu alanın kenarına "Roche limiti" denir. 1875 yılında Maxwell tarafından matematiksel olarak kanıtlanmıştır. 1895 yılında Keeler spektroskopik gözlemler yaparak halka parçacıklarından içte bulunanların dıştakilere oranla daha hızlı döndüğü sonucuna ulaştı. Bu da halka parçacıklarının Kepler Kanunlarına göre hareket ettiğini ve halka parçacıklarının birer uydu olduğunu gösterir. Ancak boyutları çok küçük olduğu için bu parçacıklara "uyducuk" denir. 1979 yılında Pioneer 11 uzay aracı Jüpiter'i incelemek üzere fırlatılmıştı. Satürn ile de karşılaştı ve halkaların fotoğrafını çekti. Hemen ardından 1980 ve 1981 yıllarında Voyager 1 ve Voyager 2 uzay araçları Jüpiter ziyaretlerinden sonra Satürn'ü ziyaret ettiler, bu esnada çok yüksek çözünürlükte fotoğraflar çektiler ve halkalar ile ilgili bu kadar yaklaşımdan asla öğrenemeyeceğimiz bilgiler gönderdiler.

3.2. Satürn Halkalarının Yapısı

Satürn'ün halka sistemi, gezegen halkalarını incelemek için bir model oluşturur. Bu sistem birbirinin içine geçmiş binlerce bağımsız halkadan ve boşluklardan oluşur. Satürn'ün halka sistemi keşif sırasına göre alfabetik olarak adlandırılan 7 ana bölüme ayrılmıştır. En içteki halkadan, en dıştaki halkaya doğru şu şekilde adlandırılmışlardır : D, C, B, A, F, G ve E. Ancak belirgin olmaları nedeniyle üç temel halkadan bahsedilir. Bunlar A, B ve C halkalarıdır. A ve B halkaları parlak, C halkası ise koyudur. Diğer halkalar daha az belirgin özelliklere sahip ve sönüktürler. Her bölüm kendi içinde birbirinden bağımsız binlerce halkadan oluşmaktadır. Halkaların incelikli yapısının çoğunluğu yakın uyduların çekimsel etkileri sonucu olmuştur. Satürn halkalarının yapısı daireseldir. Satürn halkalarının bir başka özelliği de kalın olmayışlarıdır. Halkaların büyük bir çoğunluğunun kalınlığı sadece birkaç on metre ve orta boy bir uydunun sahip olduğu kütle kadar kütleyle sahiptirler. Halkalardan bazıları daha sönük oldukları için koyu renkli görünürler. Halkayı oluşturan parçacıkların büyüklükleri mikroskopik tozdan, büyük kayalar arasında değişen hatta birkaç kilometreye kadar ulaşan cisimlere kadar ulaşan cisimlere kadar uzanır. Satürn halkalarının açıklığı Satürn bulutlarının tepesinden başlayan 6.700 km ötedeki D halkasından, 480.000 km uzaklıktaki E halkasına kadardır. Sistemin toplam çapı 272.000 km kadardır. Halkaların genişlikleri 100 km den daha azdır. Bu uzaklık daha küçük halkalar için 1 ile 10 km arasında değişmektedir. Halka sınırları, parçacık yoğunluğunun şiddetle değiştiği kenarlar ile belirlenir. Halka düzleminin yaklaşık olarak 65.000 km aşağısına ve yukarısına kadar uzanan seyrek yapıli Hidrojen bulutunun varlığı keşfedilmiştir. Dünya'dan yapılan yakın kırmızı-ötesi gözlemler, halkaların çoğunlukla kirli buz kristallerinden oluştuğunu ortaya koymuştur.

3.3. Satürn Halkalarının Bölümleri

3.3.1. Satürn'ün İçteki Sönük D Halkası

Satürn'ün D halkası çok belli belirsiz ve oldukça küçük bir optik derinliğe sahiptir. 1969 yılında Pierre Guerin tarafından keşfedilmiştir.

3.3.2. Satürn'ün C Halkası

Çok sayıda halkacıktan oluşmuştur. Bu halkanın optik derinliği 0.1'dir. 1850 yılında birbirinden bağımsız olarak W. Bond ve W.R. Dawes tarafından görülmüştür. Bu halkanın diğer bir adı *Kreb (Crepe) Halkası* ya da *Karanlık Halka*'dır. C halkası seyrek bir halkadır. Rahat bir şekilde görülemez. Yarı geçirgen bir halkadır. Genişliği 19.300 km kadardır. Voyager 1 uzay aracı C halkasından Satürn'e doğru bir miktar maddenin hatta ince

halkaların uzandığını bulmuştur. C halkasındaki ve Cassini bölgesindeki parçacıkların ortak bir özelliği vardır. O da; halka sistemindeki diğer kısımlardan farklı yapıda olmalarıdır. Genellikle daha koyu renkli ve daha mavidir. Parçacıkların ortalama büyüklüğü 1 m civarındadır. C halkasının içinde dış merkezsel bir halka vardır. Dış merkezsel bu halkanın şekli elipse daha yakındır.

3.3.3. Satürn'ün B Halkası Ve Halkacıları

B halkası Satürn'ün en opak halkasıdır. Bu halkanın optik derinliği yaklaşık 1'dir. Işık geçirmeyen kısmı çok azdır. B halkası, A halkasından daha parlaktır. Yani ışık geçirgenliği daha azdır. Bu halka donuk sarı renkli ve genişliği 25.700 km dir. Voyager uzay aracının yaptığı ilginç keşiflerden biri, bu halka gezegenin gölgesine girdiğinde, merkezden çevreye yayılan ilginç çubukların varlığı idi. Bu çubukların uzunluğu 20.000 km'ye kadar ulaşabilmektedir. Bilim adamları tarafından çubuk yapılar olarak adlandırılırlar. Bunlar çekim etkisine karşı yönde hareket ederler ve B halkasının en yoğun bölgesinin yakınlarında her iki taraftan açığa çıkarlar. Elektromanyetik kuvvetlerin etkisi altında Satürn'ün manyetik alanı ile aynı hızla dönerler. Satürn'ün merkezinden 104.000 km ötede ve Cassini bölümünün dışına kadar yayılırlar. Muhtemelen halkalara çarpan meteoritler tarafından, halkalara doğru dalışa geçen küçük uydular tarafından ya da daha büyük halka cisimleri tarafından uzağa gönderilen yüklü toz parçacıkları tarafından manyetik alan etkisi ile şekillenmişlerdir.

3.3.4. Satürn'ün A Halkası İle Yakın Karşılaşma

A halkasının bütün dış bandı, sol üstteki halkaların gövdesinden, değişik dağılma özellikleri ve parçacık karakteristiklerine sahiptir. A halkası 14.500 km genişliğindedir. Bu halkanın optik derinliği 0.3 ile 0.5 arasındadır. Orta kısmında Encke bölümü vardır. Burası dar bir aralıktır. Ancak bu aralığı görmek çok zordur. Bu boşlukta maddeler düzensiz olarak dağılır ve çok seyrek dağılım gösterdiklerinden boşluk olarak da nitelendirilirler.

3.3.5. Satürn'ün F Halkası

1979 yılında Pioneer 11 tarafından keşfedilmiştir. Fournier'in keşfettiği halkadır. F halkası da tıpkı C halkası ve Cassini bölümü gibi dış merkezsel halka barındırmaktadır. A halkasından uzaklığı yaklaşık olarak 4.000 km dir. F halkası ve halka maddesini güden Pandora ve Prometheus uyduları arasındaki ilişkiden kaynaklanmaktadır. F halkası iki tane dar saç örgüsü biçiminde, parlak, düğümleri belirgin olan karmaşık bir yapı gösterir. Bilim adamları düğümlerin halka maddesinin kümelenmesi ya da minik aylar olduğu yolunda kuramlar öne sürmüşlerdir.

3.3.6. Satürn'ün G Halkası

Satürn'ün G halkası Voyager 1 tarafından Kasım 1980'de keşfedilmiştir ve Voyager 2 tarafından 26 Ağustos 1981'de yaklaşık 175.000 kilometre uzaklıktan tekrar görüntülenmiştir. 8.000 km genişliğindeki G halkası son derece zayıf ve çok zor görülebilir. Renklendirildiğinde E halkasından daha etkisizdir. Seyrek yapılıdır. büyük uydulardan Mimas ve yolları Mimas ile aynı olan Janus ve Epimetheus'un yörüngesine kadar olan kısmı kapsamaktadır.

3.3.7. Muhteşem E Halkası

Satürn'ün belli belirsiz E halkası gezegenden yaklaşık 180.000 km ile 640.000 km aralığında bulunur. Halkanın parlak tepeleri Satürn'ün uydusu Enceladus'un yörüngesinin yakınlarındadır. Bu yörüngede dikey kalınlık en küçüktür. Voyager uzay aracının çektiği fotoğraflara göre Enceladus ilginç bir şekilde düzdür sanki yakın zamanda sulu volkanlar ve gayzerler ile yüzeyi yenilenmiş gibidir. Patlayan gayzerler E halkasına doğru maddelerin fırlatılmasından sorumlu olabilir. Bir başka teori, Enceladus'un yüzeyine çok büyük hızlarla çarpan parçacıklarının bombardımanı sonucu maddelerin fırlatılması ile halkaya madde

sağlandığını söyler. Bu parçacıklar yüzeye çarptıklarında yüzeyde meydana gelen mikro boyuttaki patlamalar uzaya yeni parçacıkları fırlatır. Uzun zaman içinde bu parçacıklar birbirleri ile ya da ana uydu ile tekrar çarpışabilirler. E halkasının sıradışı özelliklerinden biri de çok sayıda olan mikron boyutundaki taneciklerin net bir mavi renge sahip olmasıdır. Parçacıklar uzaya fırlatıldıklarında uyduların ve gezegenlerin yörüngelerini kontrol eden çekim kuvvetinin etkisi altındadırlar. Öte yandan küçük parçacıklar diğer güçlerden daha fazla etkilenirler. Mesela Güneş'in ışınım basıncı ve Satürn etrafındaki elektromanyetik alanlardan. Mikro büyüklükteki parçacıklar biraz ayrıcalıklı görünmektedirler. *Çekimsel* ve büyüklüğe bağlı *çekimsel olmayan* güçler mikron büyüklüğünde parçacıklar için dengelenir. Sadece mikron boyutundaki parçacıklar uzun zaman periyotlarına dayanabilir ve zamanla E halkasında çok geniş bölgelere yayılır. E halkası en seyrek olan halkadır. Bu halkanın kalınlığı dışa doğru artar ve optik derinliği 10^{-6} ile 10^{-7} arasında değişir.

3.3.8. Encke Boşluğu

A halkasının içerisinde yer alır. Bu boşlukta çok az miktarda madde bulunmaktadır. 1980'lerin ortalarında Cuzzi, Encke boşluğunun her iki tarafında halka maddelerinin içinde dalgalı bir desen olduğunu fark etti. Buna, gözlenememiş asteroit boyundaki bir cismin tedirginliği neden olur. Showalter, tedirginliğin ileri düzeyde analizini yapmış ve uydunun izlerini deniz motorunun denizde bıraktığı izlere benzeterek görünmeyen cisim konumunu ve kütesini belirlemek için kullanmış. Dalgaların genliği bahsettiğine göre gözlenemeyen cismin kütesini ve dalgacıkların dalgaboyu da uydunun olası pozisyonunu ortaya koymaktadır. Showalter bu matematiksel modeli kullanarak uydunun Voyager görüntülerinde olabileceğini önceden söyleyebilecek kadar güçlü sonuçlara varmıştır.

3.3.9. Cassini Bölümü

1675 yılında Cassini tarafından keşfedilmiştir. Bu bölüm A ve B halkalarını birbirinden ayırır. Genişliği yaklaşık 4.000 km kadardır. Cassini bölümü boş değildir. Burada da bir çok halkacık bulunmaktadır. Ayrıca görece, çok büyük parçalarda yer almaktadır (Boyutları 10 m den büyük birkaç parça da vardır.) Cassini bölümü halkalara oranla daha boş bir bölgedir. Mimas gezegene en yakın ikinci uydudur. Bu uydunun bulunduğu bölgedeki cisimler üzerine uyguladığı bir tedirginlik etkisi vardır. Bu nedenle burada bulunan parçacıklar kararlı yörüngelerde hareket edemezler.

3.4. Satürn Halkalarının Devinimi

Satürn halkaları oldukça ince bir halka sistemi olduğundan ve açılal konumunun değişmesinden dolayı gezegenimizden gözlenmesi her zaman o kadar da mümkün değildir. Çünkü, halkaların görülebilmesi için gelen Güneş ışığını yansıtacağı uygun bir konumda olması gerekir. Ayrıca Güneş'in halkalar ile aynı düzlemde bulunmaması gerekir. Aksi takdirde gözlenemezler. Halkaların eğikliği hiçbir zaman halkaları en tepeden görmemize olanak tanımaz. Yani dairesel yapılarını anlamak zaman almıştır. 1966, 1980 ve 1995 yıllarında olduğu gibi halkalar yan durduklarında onları gözlemek imkansızlaşır. Çünkü sadece en dış kısımlardaki halkalar Güneş ışığını alabilirler. Bu durumda halkalar soluklaşır. Bütün bunlar düzlem değiştirdikleri için olmaktadır. Halkalar sırasıyla 13 yıl 9 ay ve 15 yıl 9 ayda bir yan konuma gelirler. Bunun temel sebebi Satürn'ün yörüngesinin dış merkezliğidir (0.056). Satürn, günberi noktasının civarındayken rölatif olarak daha hızlı hareket etmektedir. Satürn, günöte noktasında ise rölatif olarak daha yavaş hareket eder. Kısa olan aralık boyunca Satürn'ün güney kutbu Güneş'e doğru eğik olur; bu durumda kuzey yarım küre halkaların ardında kalır. Daha uzun olan aralık boyunca ise kuzey kutbu Güneş'e dönük olur; bu sefer de güney yarım küre görülemez duruma gelir. İçinde bulunduğumuz yılda Satürn uzun periyodik geçişinin yarısını geçmiştir. Kısa döneminden geçeli yaklaşık olarak 9 yıl olmuştur. Şu dönemde halkalar kapanma dönemine girmişlerdir. Halkalar Satürn'ün

ekvator düzleminde bulunurlar. Ancak ekvator düzlemi yörünge düzlemine göre 26.5° kadar eğiktir. Gezegen ekseninin, yörünge düzlemine göre belirgin olan eğimi, halkaların bir bu yüzünü, bir öbür yüzünü göstermesine neden olur.

4. Jüpiter'in Halka Sistemi

4.1. Jüpiter Halkalarının Keşfi

Pioneer 11 Jüpiter'in manyetik küresini geçtiğinde, Jüpiter'in çapının 1.6 katı uzaklıkta bilinen bir uydunun arkasından geçildiği zaman yüksek enerjili parçacıkların kayıtlarında bir düşme olmuştu. Bilim adamları bu durumdan şüphelenip, kayıtları incelediğinde, 1.7 ile 1.8 Jüpiter çapı uzaklığında dev gezegenin bir uydusunun ya da bir halka sisteminin bulunabileceği fikrine vardılar. Ancak Dünyadan yapılan gözlemlerde böyle bir yapıya ait herhangi bir ipucu elde edilemedi. Voyager 1 uzay aracı Jüpiter'in sönük halka sistemini araştırmak için özel olarak seçilen tek bir görüntü ile keşfedildi. Voyager 2 ise daha fazla görüntü elde etmek için yeniden programlandı ve gezegene gönderildi.

4.2. Jüpiter Halkalarının Yapısı

Jüpiter'in halkaları Satürn'ün halkalarına hiç benzemezler. Çok ince ve koyu renkli olduklarından onları Dünya'dan gözlememiz mümkün değildir. Voyager 2 uzay aracı Jüpiter halkasının üç temel bileşeni olduğunu keşfetmiştir. Jüpiter'in halka sistemi oldukça basit ve zayıf bir sistemdir. Halkayı oluşturan maddelerin boyu birkaç mikron kadardır. **Birincil (Ana) halka:** Gezegene en yakın olduğu uzaklık gezegenin yarıçapının 1.72 katı mesafededir. Buradan itibaren halka 0.09 kat daha devam eder ve 1.81 gezegen yarıçapına kadar uzanır. Bu kısmın parlaklığı düzgün, yapısı da düzenlidir. Ana halka 7.000 km genişliğinde ve gezegenin merkezinden 128.940 km'lik beklenmedik bir dış sınıra sahiptir. Ana halka iki küçük uydu olan Adrastea ve Metis'in yörüngelerini de kuşatmaktadır. Bu uydular halkanın büyük bir bölümünü kaplayan tozun kaynağı gibi davranmaktadırlar. Halkanın en kalın kısmının bile optik derinliği oldukça düşüktür ($3 \cdot 10^{-5}$). Bu halkada bulunan parçacıklar çeşitli büyüklüklerde olabilir. Bu halkada bulunan maddelerin farklı büyüklükte olmasının da bazı sebepleri vardır. O da, halkada bulunan parçacıkların daha önceden çeşitli sebeplerle parçalanmış küçük bir uydunun kalıntıları olması ya da Roche limiti içinde oluşumu henüz tamamlanmamış bir uydunun parçaları olması olabilir. Ana halka, iç sınırlarından itibaren yavaş yavaş halo ile birleşmektedir. **İkincil halkanın** iç kısmı atmosfere kadar uzanır. Anlaşılacağı üzere bu halka diğer halkadan daha içte yer alır. Bu halkanın optik derinliği dıştaki halkadan çok daha küçüktür ($7 \cdot 10^{-6}$). **Halo**, iki ana halkayı çevreler. Optik derinliği birincil halkadan rölatif olarak az, ikincil halkadan rölatif olarak daha çoktur ($5 \cdot 10^{-6}$). Halo, merceksi bir görünüme sahiptir. Dolayısıyla halkanın dış kısımlarına doğru inceler. İç kısımlarda ise kalınlığı 100.00 km kadar olur. Halo, geniş, sönük bir madde yumrusudur. 10.000 km kalınlığında ve ana halkanın gezegen bulutlarının hemen üstüne olan uzaklığının yarısı kadar yayılır. Ana halkanın hemen dış sınırında bir çift geniş ve fazlasıyla sönük örümcek ağı gibi görünen halkalar bulunur. Bu halkalardan bir tanesi Amalthea'nın yörüngesiyle sınırlanmış ve diğeri de Thebe'nin yörüngesi ile sınırlanmıştır.

5. Uranüs'ün Halka Sistemi

5.1. Uranüs Halkalarının Keşfi

Uranüs gökyüzünde parlak bir ışık noktasından çok belirgin bir yuvarlak olarak görünür. Bu nedenle Uranüs'ün bir yıldızın önünden geçişi oldukça ilgi çekicidir. Ama Uranüs'ün görece yavaş hareket etmesi (6.81 km/sn) bu örtülme olaylarının sık olmasını engellemektedir. 10 Mart 1977 tarihinde sekizinci kadirde bir yıldızın (*SAO 158687*), aralarında Kuiper Hava Gözlemevi'nin de bulunduğu bir çok merkezde, Uranüs tarafından

örtülmesi olayı gözleniyordu. O gün beklenmedik bir keşfe gebedi. Gözlem boyunca söz konusu yıldız bir çok defa parıladı. Araştırmacılar bunun açıklamasının tek bir şeye bağlı olduğunu düşünüyorlardı. Buna göre yıldız, gezegenin etrafındaki koyu renkli halkaların arkasında kalmış olmalıydı. Bu çıkarımlar sonucu gezegen üzerinde, kızılaltı tekniklerle yapılan gözlemler halkaların varlığını doğruladı. Ancak ne yapılırsa yapılsın elde gözle görülür verilerin ve resimlerin olması gerekiyordu. Bunun üzerine 1985 yılında Uranüs'e ulaşan Voyager 2 uzay aracı sayesinde gezegenin halka sistemi hakkında ayrıntılı bilgi elde edildi. Buna göre halka sisteminde bol miktarda toz bulunuyordu ve halkaların kalınlıkları bir iki kilometreyi geçmiyordu.

5.2. Uranüs Halkalarının Yapısı

Uranüs'ün halka sistemi oldukça geniştir. Halkalar siyah ve oldukça dardır. Uranüs sisteminin toplam 17 halkası vardır. En içte bulunan halkası gezegenin bulutlarına kadar inmektedir. En dışta bulunan halkası ise sistemdeki en geniş halkadır. Halkalar hemen hemen daireseldir. Gezegenden 1.60 Uranüs yarıçapı ile 1.95 Uranüs yarıçapı mesafede yer alırlar. Halkaların kapladığı yer 0.35 Uranüs çapıdır. Eğer Uranüs'ün çapının ekvatorunda yaklaşık 51.120 km olduğunu göz önünde bulundurursak halkaların da yaklaşık 8.946 km'lik bir bölgede yer aldığını görürüz. Halkalar içten dışa doğru sırasıyla şöyle adlandırılmıştır: **6,5,4, α , β , η , γ , δ , ϵ** Çoğu halkanın genişliği 10 km'yi geçmez. Uranüs halkaları gezegen etrafında bir presesyon hareketi olmasına neden olur. Herhangi bir halkanın iç kısmı kalınlıktan bağımsız olarak bir presesyon hareketi yapar. Bu sayede halkaların yüzyıllık bir sürede dairesel olması beklenir. Ancak bu halkayı oluşturan maddelerin yapısı ve halkaların dış merkezsel davranışı ile ilgilidir. Halkalar arasında yer yer boşluklar vardır. Fakat bu bölgede bulunan maddeler ya gönderilen uyduların bile ayıramayacağı kadar dardır, ya da buralarda maddeler yoktur. Bütün madde opak şeritte toplanmış olabilir. Halkalar keskin şekillidir ve bunun tek bir sebebi olabilir, o da halkaların büyük boyutta olan uydular tarafından güdüldüğüdür. Uranüs halkalarının albedoları düşüktür. Albedonun az oluşu halkanın yapıldığı materyaller hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Bu bilginin ışığı altında da halkayı oluşturan maddelerin su, amonyum veya metan buzundan oluşmadığı sonucu elde edilmiştir. Uranüs'ün eksenini ekliptik düzleminde bulunur, halkalar da ekvator bölgesinde yer alır. Bu durum Dünya'dan gözlem yapmak için uygun bir konumdur. Halkaları Dünya'dan gözlemek zor ama imkansız değildir. Zor olmasının nedeni albedosunun düşük olması ve halka yapısının darlığıdır. Tabii bir de halkaların gezegene çok yakın olmasını da hesaba katmalıyız.

6. Neptün'ün Halka Sistemi

6.1. Neptün Halkalarının Keşfi

Bu gezegen Uranüs gezegeni üzerindeki pertürbasyon etkisinden dolayı ve buradan itibaren yapılan bir takım teorik hesaplar sonucu bulunmuştur. Neptün gezegeni Titius-Bode kanununa uymamaktadır. Neptün bulunduktan çok kısa bir sonra İngiliz amatör astronom Lassell gezegeni gözlemledi. Gözlemleri sırasında gezegenin çevresinde soluk bir halka gördüğünü iddia etti. Fakat bu bir göz yanılması idi. Voyager 2 uzay aracı Ağustos 1989'da Neptün çevresinde bir halka sistemi olduğunu kanıtladı

6.2. Neptün Halkalarının Yapısı: Voyager 2, Neptün etrafında üç tane iç içe geçmiş halka keşfetmiştir. Ama aslında Neptün'ün dört halkası vardır. Halkalar içten dışa doğru: Galle halkası, Le Verrier halkası, Plateau halkası, Adams halkasıdır. Halkalar karanlık ve siliktir. Gezegen yüzeyinden aşağı yukarı 60.000 km uzaklıkta, koyu renkli ve incedirler. Gezegeni tamamen çevreler. Ancak halkalar parçalı gibi görünür. Tozun yayılmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca gezegenden 53.200 km uzakta daha yaygın ve bütün bir iç halka da görünmektedir. Halkalar Güneş ışınlarının uygun saçılma açısı altında daha iyi

görürlürler. Bu bölgelerde çok sayıda, 10-20 km çaplı katı cisimlerin varlığı saptanmıştır. Aslında Neptün gezegeninin etrafında halka olduğu hatta bunun üç ayrı bölgede yoğunluk kazandığı 1984'den bu yana Yer'den yapılan duyarlı gözlemler sonucu bilinmekteydi. 1977'de Uranüs gezegeni etrafında halka varlığı yerden yapılan gözlemlerle saptandıktan sonra Satürn gezegeninin halkası da dikkate alınarak bütün dev gezegenlerin etrafında halka olabileceği düşüncesi yaygınlaşmıştı. O yıllardan itibaren Jüpiter ve Neptün gezegenlerinin etrafında halka varlığını gösteren kanıtlar aranmaya başlanmıştır. Neptün gezegeni çok uzak olduğundan ve Jüpiter gezegeninin de halkası çok ince yapılı olduğu için uzun süre hiçbir gözlemsel kanıt bulunamadı. Buna rağmen Jüpiter gezegenin halkaları 1979 yılında saptanabildi.

Kaynaklar

- [1] Karaali, S., (2000), *Genel Astronomi 1*, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları 2.Baskı, İstanbul
- [2] Moore, P., (1998), *Gezegenler Kılavuzu*, Tübitak Yayınları, 5. Baskı, Ankara
- [3] Feynman, R., (2000), *Fizik Yasaları Üzerine*, Tübitak Yayınları, 16. Basım, Ankara
- [4] Weinberg, S., (1998), *İlk Üç Dakika*, Tübitak Yayınları, 7. Basım, Ankara
- [5] The American Astronomical Society,(2003), *Bulletin of the American Astronomical Society*, 35 #4 © 2003.
- [7] <http://www.solarviews.com/eng/saturnrings.htm>
- [8] Hamilton, C. J., (1997-2004), "Saturn's Magnificent Rings", <http://www.solarviews.com/eng/saturnrings.htm>
- [9] <http://ringmaster.arc.nasa.gov/jupiter/jupiter.html>
- [10] Universe Today, (2004), "Rings and Moons", http://www.universetoday.com/am/publish/saturn_rings_and_moons.html?2752004
- [11] Munsell,K., (2004), "Saturn: Rings", <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Saturn&Display=Rings>
- [14] Showalter, M., Heather, N., (2004), "Saturn's Ring System". <http://pds-rings.seti.org/saturn/saturn.html>
- [15] Çelik, B., (xxxx), "Satürn", <http://birkan.freeservers.com/saturn.htm>
- [16] Hamilton, C. J., (1997-2004), "Saturn", <http://www.solarviews.com/eng/saturn.htm>