



KUIPER KUŞAĞI

Fareler dağları taşıyabilir! Güneş Sistemi'nin erken evrelerinde milyarlarca buzlu cismin minik itiş kakışlarının gezegen yörüngelerinde büyük etkisi oldu.

Güneş Sistemimizin adları ve statüleri tescillenmiş gezegenlerinin ötesinde Plüton adlı dışlanmış bir dünya ve çapları 100 kilometreyi aşan, gezegen olmaya çalışmış ama başaramamış 1000'in üzerinde gökcsimi bulacaksınız. Bunların aralarında da, bazılarını ileride kuyruklu yıldız olarak görebileceğimiz, buzdan, tozdan ve kayadan oluşmuş, irili ufaklı sayısız cisim. Hurdalığa hoşgeldiniz!..

Bu alem, içinde rahatça yaşadığımız gezegenler bölgesinden çok daha geniş bir alan kapsamakla birlikte, İçindeki toplam kütle, Dünyamızın kütlelerinin 10'da biri kadar olduğu düşünülüyor. Yani, hepsini bir araya getirseniz, Mars kütlelerinde kirli bir kartopu elde edeceksiniz. Şimdi elinize kozmik bir sopa alıp bu kartopunu Plüton büyüklüğünde birkaç büyükçe parçayla, milyarlarca küçük parçaya bölün ve Merkür'den Neptün'e kadar kardeş geze-

genlerimizin kapladığı alanın iki katı genişlikte bir alana dağıtın. İşte bu kadar!. Kuiper Kuşağı'nda ne varsa hepsi bu.

Ama bu hurda parçaları aslında değerli birer antika olabilir. Bu süprüntü, yalnızca varlığıyla bile iğinc bir öyküyü anlatıyor.

Sakin Başlangıç

Bundan 4,5 milyar yıl önce, sonunda Kuiper Kuşağı'na yerleşecek olan cisimlerin sayısı çok daha fazlaydı. En dıştaki gezegenin ötesindeki bölge 100 trilyon kadar cisim barındırıyordu. Yani bölgede bugün var olan kütlelerin 1000 katı kadar!

Ancak kbu kuşak o zamanlar bugünkü yerinde değildi. Günümüzde Kuiper Kuşağı, Güneş'ten 30 Astronomik Birim (AB) uzaklıkta başlıyor ve en az 50 AB uzaklığa kadar yayılıyor. Kimine göreyse 100 AB'ye kadar. (1 AB = Güneş ile Dünya arasındaki ortalama uzaklık = 150 milyon km). Çok önceleri bu kuşağı oluşturan gezegen çekirdekleri Güneş'e çok daha yakındılar.

Satürn, Uranüs ve Neptün de öyle.

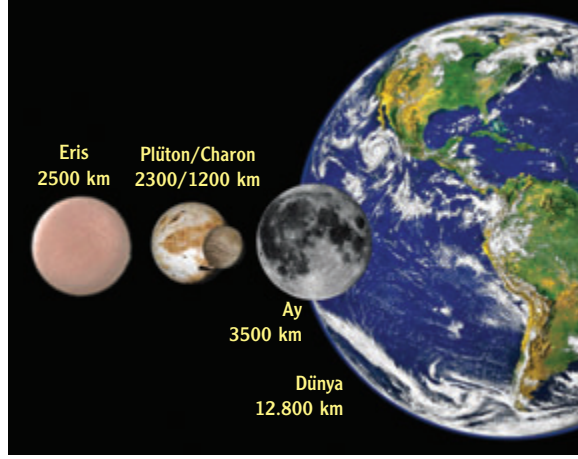
Güneş Sistemi'nin erken evreleriyle ilgili bilgisayar benzetimleri (simülasyon), Uranüs ve Neptün'ün bugün buldukları yerde, yani Güneş'e 19 ve 30 AB uzaklıkta ortaya çıkmış olamayacaklarını gösteriyor. Bu gezegenlerin şimdiki yerlerinde olsa olsa Plüton, haydi diyelim Mars ya da Dünya büyüklüğünde gezegenler oluşabilirdi. Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün Güneş'ten 5-15 AB uzaklıkta oluşmuş ve daha sonra bugünkü yerlerine göç etmiş olmaları gerekiyor.

Gezegen gökbilimcileri arasında kaç tane dev gezegen oluştuğu ve Güneş'ten ne kadar uzakta yer aldıkları konusunda görüş birliği yok; ama geriye kalan devlerin yerlerini değiştirdiklerinden kuşku duyan pek az. Satürn, Uranüs ve Neptün göçlerinde, kat edilen uzaklık hayli büyük.

Bu dinamik dönemle ilgili olarak geliştirilen en yeni ve en kapsamlı kuram, Alessandro Morbidelli (Cote d'Azur Gözlemevi, Fransa), Rodney Gomes (Brezilya Ulusal Gözlemevi), Kleomenis Tsingis (Aristoteles Üniversitesi, Sela-

nik, Yunanistan), ve Hal Levison (Southwest Araştırma Enstitüsü, Colorado, ABD) tarafından ortaklaşa geliştirilmiş bulunuyor. Levison, grubun 2004 yılında Fransa'nın Nice (Nis okunur) kentine yaptığı bir dizi ziyaret süresince dış Güneş Sistemi'nin evrimi konusunda yeni bir yaklaşım geliştirdiğini anlatıyor. Araştırmacıların her biri daha önce bilimceenin farklı ve zorlu parçalarına yanıt bulmaya çalışmışlar, ama başarılı olamamışlar. Parçaları bir araya getirip resmin tümünü görebildiklerindeyse ağızları açık kalmış. Morbidelli, Gomes, tsiganis ve Levison, 2005 yılında Nature dergisinde yayımlanan iki makaleyle açıkladıkları kuramlarını "Nice Modeli" diye adlandırıyorlar.

Kuram, bu tür modellerde estetik arayanlara göre değil. Kaos, çarpışmalar, itiş kakışlar üzerine kurulu. Güneş Sistemi'nin doğuşuyla ilgili olarak Gökbilime Giriş dersinin klasik anlatımıyla arasında dağlar kadar fark var. Önceki sakın senaryoda bir gaz ve toz bulutu



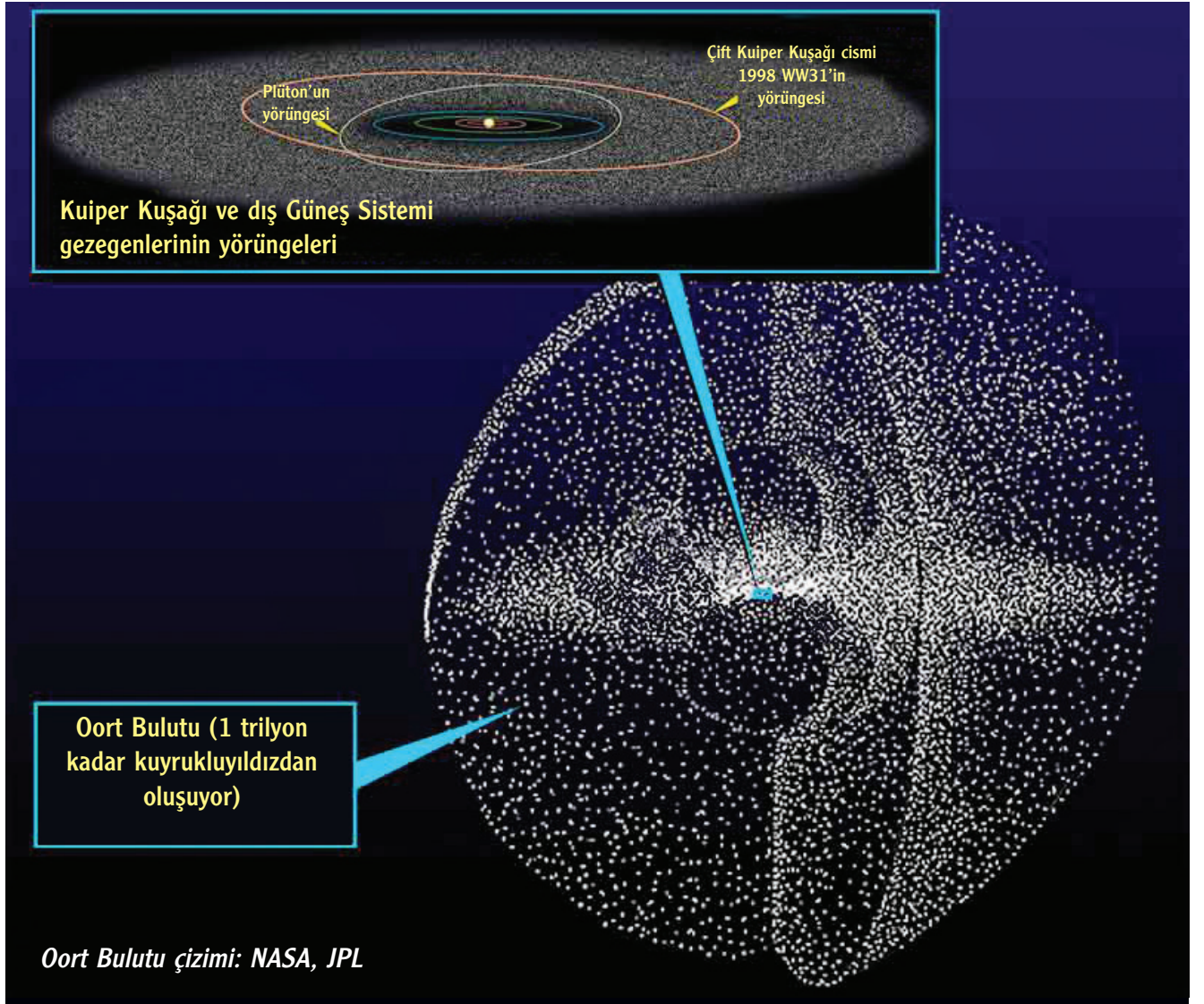
öylesine büyüyor ki, kendi ağırlığı altında çökerek bir disk oluşturuyor. Diskin merkezinde Güneş oluşmaya başlıyor ve çevresinde dolanan yoğun topaklar da, başka topakları da yutarak gezegenlere haline geliyorlar. Gezegen oluşumu sürecine katılmak için fazla uzakta kalan gezegenciklerse, zaman zaman iç Güneş Sistemi'ne gösterişli kuyruklu yıldızlar gönderen bir depo olarak kalıyorlar.

Buna karşılık Levison gerçeğin çok daha dinamik, şiddetli ve daha ilginç ol-

duğunu söylüyor. Kendisinin ve grup arkadaşlarının gözleriyle bakıldığında Güneş oluştuğunda dört dev gezegen de yıldızdan 5-15 astronomik birim uzaklıkta şekilleniyor.

Bu, Uranüs ve Neptün'ün başlangıçta Güneş'ten belki de bugün olduklarının yarısı kadar uzakta buldukları anlamına geliyor. Satürn'ün de daha yakın bir konumda olmasına karşılık Jüpiter bugünkü yerinden biraz daha uzaktaydı. Dev gezegenlerin kütleçekimleri, yörüngeleri boyunca gaz ve tozu hızla emerek silip süpürdü. Gezegenlerin yolları yanında büyümeye çalışan her şey de ya gezegenlere çarptı ya da daha sık olarak bölgelerinden dışarıya savruldu.

Dev gezegenlerin hüküm sürdüğü bölgenin ötesinde, 15-35 astronomik birimler arasındaki alandaysa Güneş sisteminin artıkları, yani başka cisimlerle çok ender karşılaştıkları için daha fazla büyüyemeyen cisimler toplanmıştı. Bunlar gerçekten orijinal olan mal-



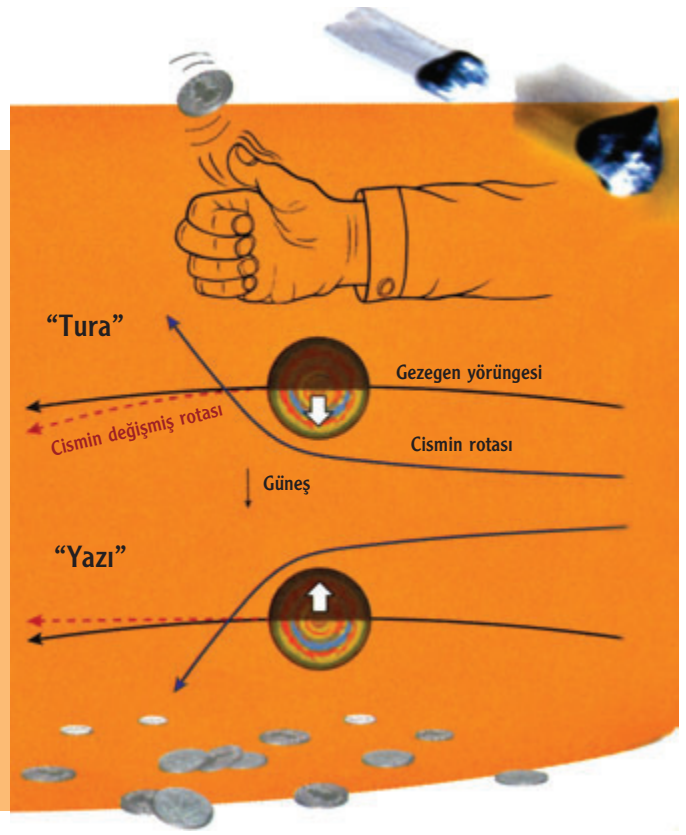
Gezegen Sapanları

Küçük bir cisim bir gezegenin yakınından geçtiğinde, kütleçekimsel etkileşimler her ikisini de yolundan saptırır. Çok daha kütleli olan cismin yörüngesi çok küçük bir değişim gösterir; ama bu türden milyarlarca karşılaşmadan sonra meydana gelen sapmanın değeri önemli büyüklüklere ulaşır.

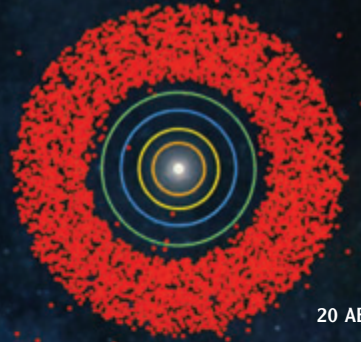
Yanda görülen etkileşimlerden herhangi birinin gerçekleşmesi olasılığı 50-50 olsa da, bu Güneş Sistemimiz için bu karşılaşmaların net sonucu, Satürn, Uranüs ve Neptün'ün dışarıya, Jüpiterinse içeriye doğru göç etmesi oldu.

Bunun nasıl olduğunu anlamak için zihnimizde özel koşullu bir yazı-tura oyunu canlandıralım. Tura geldiğinde, kaderlerini bu oyunun sonucuna bağlamış gezegenciklerden birini yukarıya, Güneş'ten uzağa, yazı geldiğindeyse Güneş yönüne doğru gönderiyoruz. Ama koşul şu: Her yazı geldiğinde, attığımız parayı yerde bırakıyoruz ve oyunu bir başka parayla sürdürüyoruz. Tura geldiğindeyse, aynı parayla oyuna devam...

Diyelim oyuna 100 tane bozuk parayla başlarsak eşit sayıda yazı ve tura atmış olacağız. Ama çok sürmeden elimizdeki para stoku bitecek ve tüm paralar yerde toplanacak. Aynı şekilde Neptün de Güneş tarafına daha çok gezegencik fırlattığı için kendi yörüngesini dışarıya kaydırmış oluyor.



Güneş Sistemi'nin sınırları ilk başlarda büyük olasılıkla, bazıları Neptün'ün ötesinde Kuiper kuşağının bilinen en büyük cisimleri olan cüce gezegenler Eris ve Plüton boyutlarında olan sayısız cisimle doluydu. Uluslararası bir gökbilimciler ekibi tarafından önerilen dinamik bir modele göre 4 milyar yıl önce gezegencikler arasında trilyonlarca etkileşim sonucu dev gezegenler eskilerinden ayrılarak yeni yörüngelere yerleştiler.



20 AB

Gezegen oluşumundan arta kalan 100 ile 1000 km büyüklüğünde trilyonlarca cisim dış gezegenlerin yörüngeleri (renkli daireler) dışında geniş bir kuşak halinde Güneş'in çevresinde dolanıyorlardı.

zemeyi, Güneş'e daha yakın konumlar-
da gelişen iç gezegenleri oluşturan ay-
nı yapı taşlarını içeriyorlardı.

Ancak genç Jupiter, Satürn, Uranüs
ve Neptün birbirlerine oldukça yakın
konumdaydılar. Sürekli değişen dizi-
limleriyle bu gezegenler, dışarıdaki ge-
zegenciklerden giderek daha çoğunu
çekiştirerek daire biçimli yörüngelerini
büktüler ve içlerinden bazılarının -yal-
nızca birkaç milyar kadar- bu havuzdan
koparak içeriye düşmelerine ve dev ge-
zegenlerin kütleçekim pençelerine ya-
kalanmalarına yol açtılar. Bu, 500 mil-
yon yıl kadar sürecek bir kartopu sava-
şını başlattı. Dev gezegenler kuyruku-
yıldızdan başlayıp Plüton kütlelerine ka-
dar olan bu kartopularını birbirlerine,
daha içlerdeki küçük gezegenlerin üze-
rine ve dışarıya, Güneş Sistemi'nin sı-
nırlarına fırlatıyordu. Hatta bazıları tü-

müyle sitemin dışına, yıldızlararası boş-
luğa atıldılar.

Bu oyun dev gezegenler için eğlen-
celi geçmiş olabilir, ama varlıkları sona-
eren ya da yıldızlararası uzaya sürgüne
gönderilen sayısız cisim aynı zevki pay-
laşmamış olmalı. Aslında Jüpiter, Sa-
türn, Uranüs ve Neptün'ün de bu kar-
topu savaşından hiç bir şey olmamış gi-
bi çıktıkları söylenemez. Oyun sona er-
diğinde devler yeni yörüngelerine göç
etmişlerdi bile.

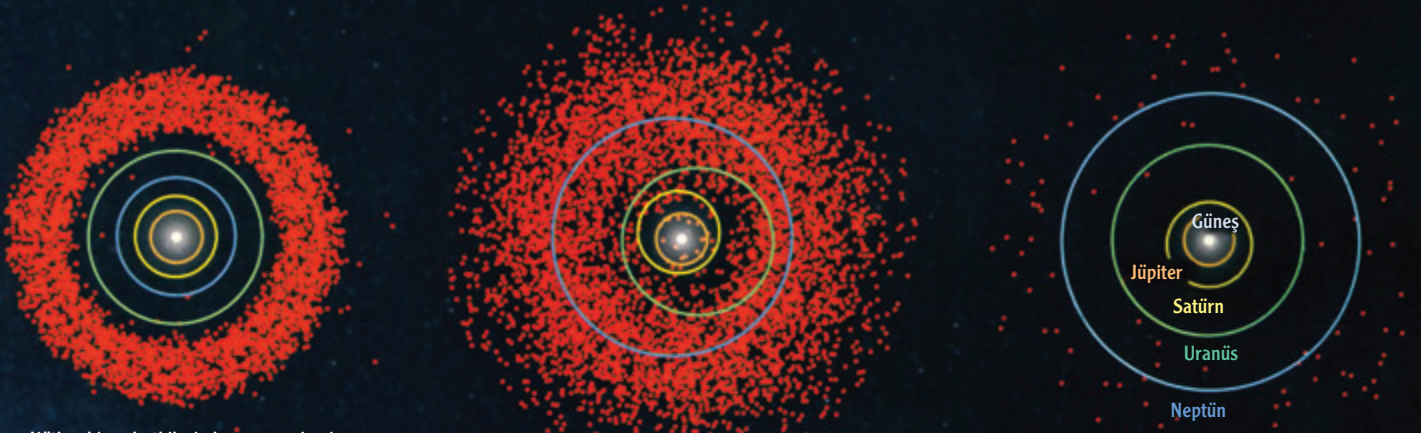
Gezegener Çobanlık

Gezegenbilimciler Julio Fernandez
ve Wing Huen-Ip 1984 yılında bilgisay-
ar yardımıyla Güneş Sistemi'nin erken
evrelerindeki dinamik süreçlerin ben-
zetimlerini oluşturdular. Güneş'in oluş-
maya başladığı 4,5 milyar yıl önce var

olduğu düşünülen koşulları temel ala-
rak, Jüpiter ve Satürn'ün yörüngeleri
dışında kalan gezegenciklerin Uranüs
ve Neptün'ü oluşturup oluşturamay-
cağını görmek istediler. Modelde ger-
çekten de bu iki dev gezegenin çevre-
deki parçaları toplayarak ortaya çık-
abildiği gözlemlendi.

Ama Fernandez ve Ip başka bir şey
daha gözlediler. Bilgisayarın oluşturdu-
ğu dev gezegenler Güneş'ten belli
uzaklıklarda ortaya çıkıyor, ama so-
nunda çok farklı konumlara yerleşiyor-
lardı. Keşif, daha sonra Nice Modeli ha-
line gelişecek olan tohumu ekmiş olu-
yordu.

Levison, Neptün'ü örnek alalım di-
yor. Gezegen ne zaman yüksek çekim
gücüne minik gezegenciklerden birini
yakalasa, bunu Güneşe doğru ya da ter-
si doğrultuya fırlatma şansı aşağı yukarı



Kütleçekimsel etkileşimler sonucu içeriye
doğru sürekli bir cisim akışı, en dıştaki üç
gezegeni daha da dışarıya itti ve bu da
küçük kütleli daha çok cisim Güneş yönüne
fırlattı.

4 Milyar yıl önce Satürn'ün yörünge periyodu
Jüpiter'ininkinin tam iki katına çıktığında rezonans
etkisiyle artan kütleçekimsel etkileşim Satürn'ün
yörüngesini eliptik hale getirdi ve bu da Uranüs ve
Neptün'ün gezegencik kuşağının derinlerine dalarak
sayısız cisim içeri ve dışarı savurmalarına yol açtı.

30 milyon yıl sonra ortalık duruldu. Gezegenler
şimdiki yörüngelerine yerleşirken gezegenciklerin
büyük çoğunluğu da ya çarpışmalarda yok oldu, ya
da yıldızlararası uzaya savruldu.

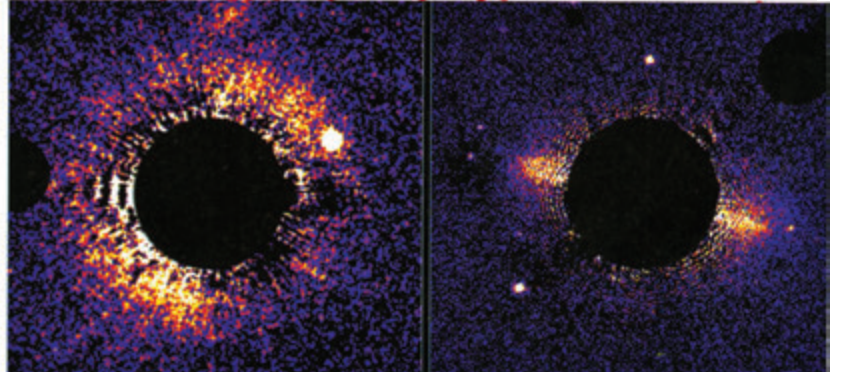
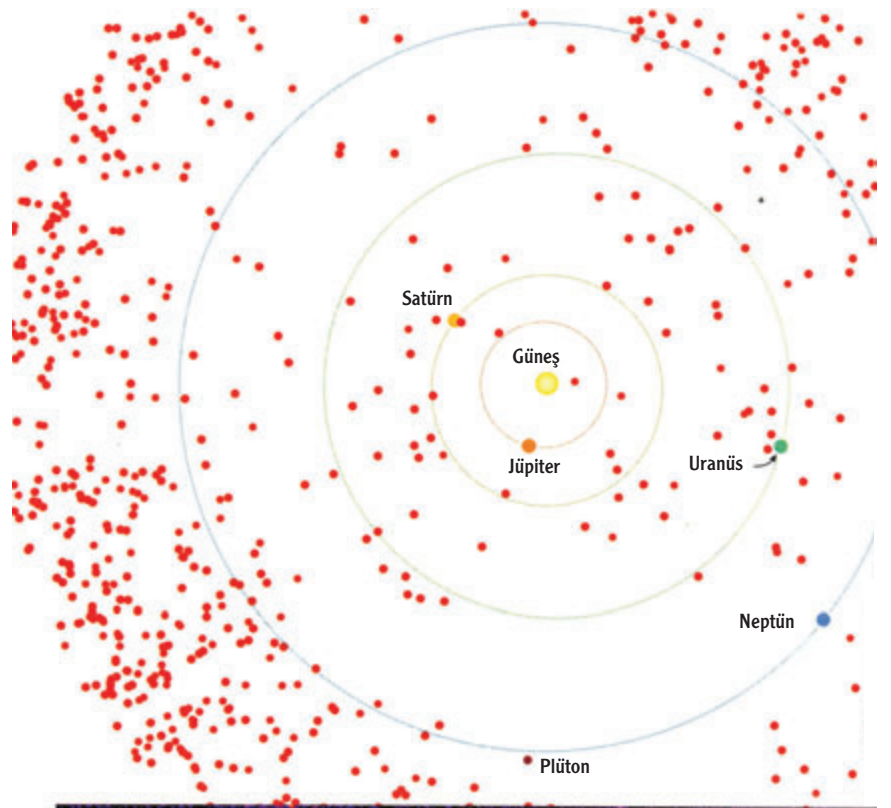
rı eşit oluyordu. Ve ne zaman Neptün herhangi bir cismi ivmelendirip dışarıya savurduğunda, kendi hızı azalıyor ve çok az da olsa Güneş'e yaklaşıyordu. Tersine, nesnelere Güneş'e doğru fırlattığındaysa, yörüngesi Güneş'ten birazcık uzaklaşıyordu. Bu, Newton'un üçüncü yasasının uygulanmasından başka bir şey değildi: Her hareket, eşit büyüklükte ve ters yönde bir hareket doğurur.

İşi ortalamaya vurunca, içeriye ve dışarıya olan savrulmaların aşağı yukarı eşit sayıda olmasını ve Neptün'ün yörüngesinin görece sabit kalmasını beklersiniz. Ancak, gezegenin kütleçekimi ne kadar güçlü olsa da çevresindeki cisimlerin çoğunu Güneş Sistemi dışına fırlatacak kadar güçlü değil. Dolayısıyla Neptün ne zaman bir buzlu bir kaya parçasına tekme vurup dışarı fırlatsa, cisim geri dönüp gezegenle yeniden karşılaşabileceği bir yere dönüyordu.

Buna karşılık Neptün'ün kütleçekimi ne zaman bir cismin hızını kesip onu Güneş'e daha yakın bir konuma itse, Neptün'ün kendisi çok küçük bir ölçekte de olsa ivmeleniyor ve yörüngesi Güneş'ten belli belirsiz uzaklaşıyordu.

İşte burada anahtar şu: Neptün bir gezegenciği Güneş'e doğru düşürdüğünde, bu cisim genelde bir daha hiç geriye gelemezdi. Neden? Çünkü cisim bu kez öteki dev gezegenlerden birinin çekimine kapılıyordu. Sahadaki temel oyuncu, bugün de olduğu gibi, Uranüs ve Neptün'ün 20 katı, Satürn'ün üç katı kütleyle sahip olan Jüpiterdi. Aslında Uranüs ve Satürn'de gezegencikleri sağa sola savururken Neptün'le aynı sorunu yaşıyorlardı. Ne zaman bir cismi çelmeleyip Güneş tarafına devirseler, cisim Jüpiter'in güçlü kollarına yakalanıyordu. Dolayısıyla Neptün gibi Satürn ve Uranüs de dışarıya göç ettiler.

Jüpiterse dev gezegenler içinde en güçlü güllüce. Yakaladığı buzlu cisimleri stadyum dışına fırlatabiliyor. Böylesine güçlü biçimde ivmelendirilen gezegenciklerse bir daha geri dönüyorlardı. Bu türden çok sayıda etkileşim sonundaysa Jüpiter Güneş'e doğru yaklaştı. Ama çok fazla değil, çünkü güçlü kütlelerini yerinden oynatmak kolay değildi. Gezegenciklerse küçük ve kütleçekimleri güçsüz olsa da milyarlarca minik çekiştirme bir araya gelince Jüpiter'i bile yerinden kımdatmayı ba-



Evimize Benziyor

Yaklaşık 60 ışık yılı uzaklıkta bulunan ve her ikisi de Güneş'ten genç olan bu yıldızlar, Güneş Sistemimizdeki Kuiper Kuşağına benzer buzlu atık disklerine sahip görünüyorlar. Hubble Uzay Teleskopu tarafından alınan ve yapay olarak renklendirilen bu görüntülerde disklerin üstten ve yandan açıkça belli oluyor. Kameranın önündeki disk biçimli maske, yıldızların şiddetli ışığını perdeliyor.

şarmışlardı.

Sayıların Gücü

Gezegenlerin uzak geçmişte yaşadıkları bu göç süreci her zaman pürüzsüz işlememişti. Gezegen dinamikçileri Güneş Sistemimizin tarihinde Levison'un "Kıyametin kopuşu" olarak nitelendiği bir dönemin varlığını belirlemişler.

Jupiter, salyangoz hızıyla Güneş'e yaklaşırken, Satürn'se görece daha hızlı biçimde dışarıya kayıyordu. Satürn Güneş'ten uzaklaştıkça yıldızımızın çevresindeki dönüşünü daha uzun bir sürede tamamlıyordu. Günümüzden yaklaşık 4 milyar yıl önce Satürn'ün yörünge periyodu 24 yıla, Jüpiter'ininki iki katına çıkmıştı. İki gezegen, 2:1 yörünge rezonansına girmişti. Daha önceki yarım milyar yıl süresince Satürn kendisinin üç katı kütledeki Jüpiter'in

ter'in kütleçekimsel çekiştirmelerini hissederek kah ivmelenmiş, kah yavaşlamış, ama bu ters etkiler birbirini götürmüştü. Ama artık denge bozulmuştu.

2:1 rezonans durumunda, Jüpiter Güneş'ten 5,3, Satürn'se 8,3 astronomik birim uzaklıktayken Jüpiter'in tekrarlayan çekimleri Satürn'ün yörüngesinin aniden daha eliptik hale gelmesine yol açtı. Satürn Uranüs ve Neptün'e daha yakından geçmeye başladı ve onların yörüngelerinin değişmesine neden oldu. Gezegenler birbirleriyle karmakarışık bir biçimde etkileşmeye başladılar. Öyle ki, zaman zaman Neptün yerine Uranüs Güneş'e en uzak gezegen konumuna gelmiş olabilir.

Daha da önemlisi, Neptün ve Uranüs, yörüngelerinin ötesindeki gezegencikler havuzunun içine daldılar. Bu küçük cisimlerin milyarlarcası daha dev gezegenler bölgesine yağdı. Bu

buzlu kaya parçaları güçlü kütleçekim alanlarınca sapan gibi içeriye fırlatıldı-
ça, Satürn, Uranüs ve Neptün daha da dışarıya kaydılar.

Gezegencik fırtınası yatıştığında, Jüpiter Günbeş'ten 5,2 astronomik birim uzaklıktaki bugünkü yörüngesine yerleşmişti. Satürn'se, belki 8 astronomik birim uzaklıkta olan eski yörüngesini terk ederek 9,6 astronomik birim uzağa gitmişti. Eğer bu hengamede daha küçük devler birbirleriyle yer değiştirmemişlerse, Uranüs 13'ten 19 astronomik birime, Neptün'se 15 astronomik birimden 30 astronomik birime fırlamış olmalı.

Peki başlangıçta Neptün'ün ötesinde bulunan gezegenciklere ne olmuştu? Levison, bunların %99,9'dan fazlasının yok olduğunu, bazılarının çarpışmalarla tahrip olduğunu, büyük çoğunluğununsa sistem dışına fırlatıldığını söylüyor. Bu gezegen yapıcı maddeden geriye kalan %0,1'den daha küçük kısımdakilere, başlangıçta oluştukları yerden itile kakıla, savrula saavrula bugün onları Kuiper Kuşağı Cisimleri olarak keşfetmeye başladığımız alana toplandılar.

Levison, tüm bunların görece hızlı cereyan ettiği görüşünde. Satürn'ün Jüpiter'le 2:1 rezonans noktasını geçmesiyle dev gezegenlerin "çıldırıldığı" anla, kaosun dinip bizi eskisine kıyasla çok genişlemiş bir Dış Güneş Sistemi'nin günümüze miras kalması arasında belki de yalnızca 30 milyon yıl geçmişti.

Öteki Etkiler

Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün arasındaki yarım milyar yıllık kartopu savaşının sonuçları arasında Oort bulutunun oluşumu da var. Güneş Sistemi'ni küresel bir tül gibi saran 1 trilyon kadar kuyruklyıldız çekirdeğinin oluşturduğu "bulut"un 10.000 astronomik birimden, belki de 100.000 astronomik birime kadar, yani en yakın yıldıza olan uzaklığın üçte birine kadar uzandığı düşünülüyor.

Bu gezegencik yağmuru aynı zamanda, dev gezegenlerin ellerini daldırıp kendilerine yeni aylar alabilecekleri bir havuz da oluşturdu. Ayrıca Jüpiter ve Neptün, aynı yörüngeyi paylaşan Trojan (Truvalı ya da Troyalı) asteroidleri de bu gezegencik deposundan edindiler.

Bu dev gezegenler kapışmasının bir başka önemli sonucu daha oldu: Gezegenciklerin bazıları -birkaç milyar kadarı- iç Güneş Sistemi'ne yağdı. Hem de aşağı yukarı aynı zamanda.

Morbidelli, Gomes, Tsiganiz ve Levison, "Uydumuz Ay'a bir göz atın" diyorlar. Görebildiğimiz en geniş yüzey şekilleri, "maria" (denizler) denen karanlık düzlükler. Bunlar aslında Ay'ın içlerinden lav akıntısına neden olan şiddetli çarpmaların yol açtığı dev kraterler. Lavlar, Ay'ın Dünyamızdan görebildiğimiz yüzünün büyük kısmını kaplayarak, daha önce Ay'ı ve Dünya'yı bombardıman eden gök taşlarının açtığı kraterleri örtmüştü.

Apollo astronotlarının Ay'dan getirdikleri taş ve toprak örnekleri, "geç ağır bombardıman" (Late Heavy Bombardment - LHB) diye adlandırılan bu göktaşı yağmurunun 3,8 milyar yıl önce, yani Levison ve ekip arkadaşlarının dikkat çektikleri Jüpiter-Satürn yörünge rezonansı ile aynı zamana rastlıyor.

Daha geniş bir hedef oluşturduğu için Dünya'nın uğradığı hasar daha da büyüktü. Ancak yara izleri hem aşınma ve erozyon, hem de levha tektoniği aracılığıyla yer kabuğunun sürekli yer değiştirmesi nedeniyle çoktan silinmiş bulunuyor.

Ancak LHB bombardımanı, onca zararın yanında önemli bir de yarar getirdi: Oluşumu üzerinden çok geçmemiş gezegenimizi hedef tahtasına çeviren cisimler, beraberlerinde yaşamın temel taşı olan bir karbon stoku ve içinde yaşamın başlayacağı okyanusları dolduran suyu getirdiler.

Dolayısıyla Plüton dahil Kuiper Kuşağı Cisimleri (Kuiper Belt Objects - KBO), gezegenler birinci ligine girmemiş, bilimsel incelemeye değmeyecek artık döküntüler olmanın çok üzerinde bir değer taşıyorlar. Henüz yeni-yeni Güneş Sistemi'nin kimyasını anlamak isteyenler için KBolar, milyarlarca yıl süresince en az değişmiş malzemeyi sunuyorlar. Dev gezegenlerin oluşum ve evrimlerini anlamak isteyenler için KBO'ların yörüngeleri ve arta kalan kütleleri anahtar olabilir. Nihayet Oort Kuyruklyıldızlar Bulutu'nun oluşumunu öğrenmek isteyenler için de Kuiper Kuşağı kaynak sağlayabilir.

Sonuç olarak tüm yollar, hatta belki de yaşamın geçtiği yol Kuiper Kuşağı'ndan çıkıyor ya da Kuiper Kuşağı'na götürüyor.

Littmann Mark
"From Chaos to the Kuiper Belt", Sky & Telescope Eylül 2007
Çeviri: Raşit Gürdilek

Savaş Yaraları
Gezegencikler uçuşmaya başladıklarında, aralarından bir çoğu İç Güneş Sistemi'ne ulaşarak kayaç gezegenleri şiddetli bir bombardımana tutarak büyük çarpma havzaları oluşmasına yol açtılar. Ay'da bunları daha sonra lavlarla dolmuş ovalar olarak görüyoruz. Fotoğrafın en altında görünen ve 3,84 milyar yıl önce oluşan Mare Orientale'nin, Ay'daki en son çarpma havzası olduğu düşünülüyor.