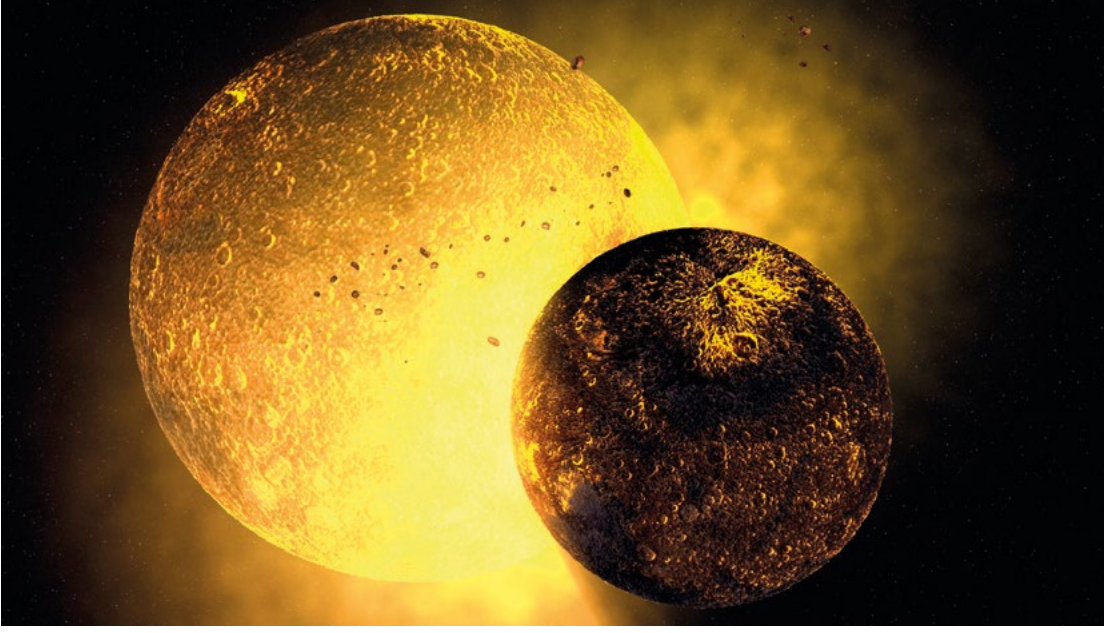




Ay Nereden Geliyor ?



Ay, Güneş Sistemi'nde bulunan yaklaşık 150 uydudan biri. Ancak bu gök cisimleri arasında farklı bir yeri var. Çünkü Güneş Sistemi'ndeki gezegenlerin çoğunun, çevrelerindeki küçük gök cisimlerini kütleçekim etkileriyle yakaladıkları için uy-

duya sahip olduğu düşünülürken, bu mekanizma Ay'ın bazı özelliklerini tam olarak açıklayamıyor. Örneğin Ay'ın yoğunluğu Dünya'ninkine göre düşük. Ayrıca kayaç yapısındaki gezegenlerin çekirdekleri kütlelerinin yaklaşık üçte birini oluştururken,

şumunun son aşamalarındaki Dünya ile çarpışması sonucu oluştuğu düşünülüyor. Bu kurama göre Ay, çarpışmanın etkisiyle açığa çıkan farklı büyüklüklerdeki kayalardan meydana gelen toz bulutunun zamanla bir araya gelmesi sonucu oluştu.

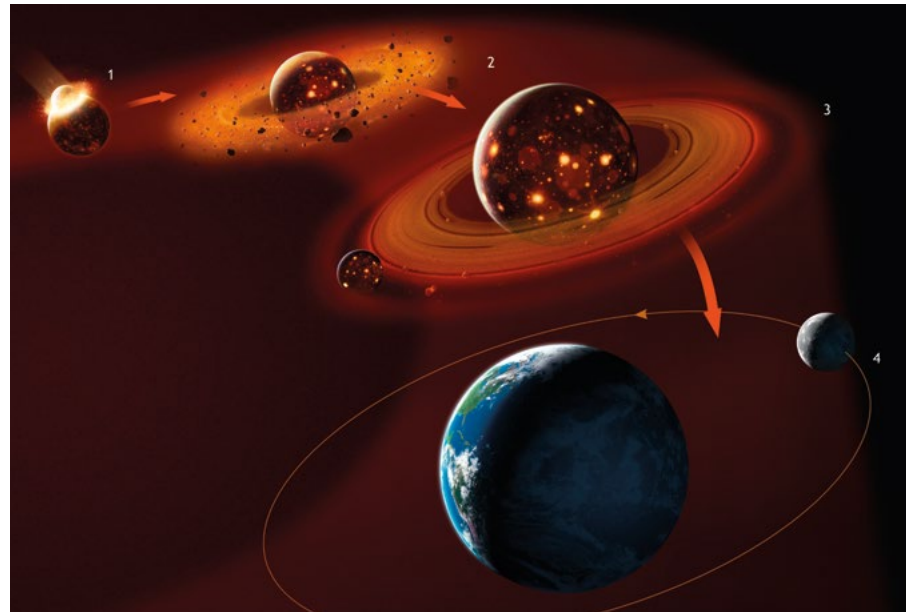
Ay'da bu oran %1 ile %3 arasında. Dünya-Ay sisteminin açısal momentumunun Güneş Sistemi'ndeki diğer gezegen-uydu sistemlerindeki hayli yüksek oluşturu ve Ay'ın Dünya etrafındaki dönüş yönü ile Dünya'nın kendi etrafındaki dönüş yönünün aynı olması da Ay'ı Güneş Sistemi'ndeki diğer uydulardan ayıran özellikler. Bu nedenle Ay'ın, Mars büyüklüğünde bir gök cisminin, oluşumunun son aşamalarındaki Dünya ile çarpışması sonucu oluştuğu düşünülüyor. Bu kurama göre Ay, çarpışmanın etkisiyle açığa çıkan farklı büyüklüklerdeki kayalardan meydana gelen toz bulutunun zamanla bir araya gelmesi sonucu oluştu.

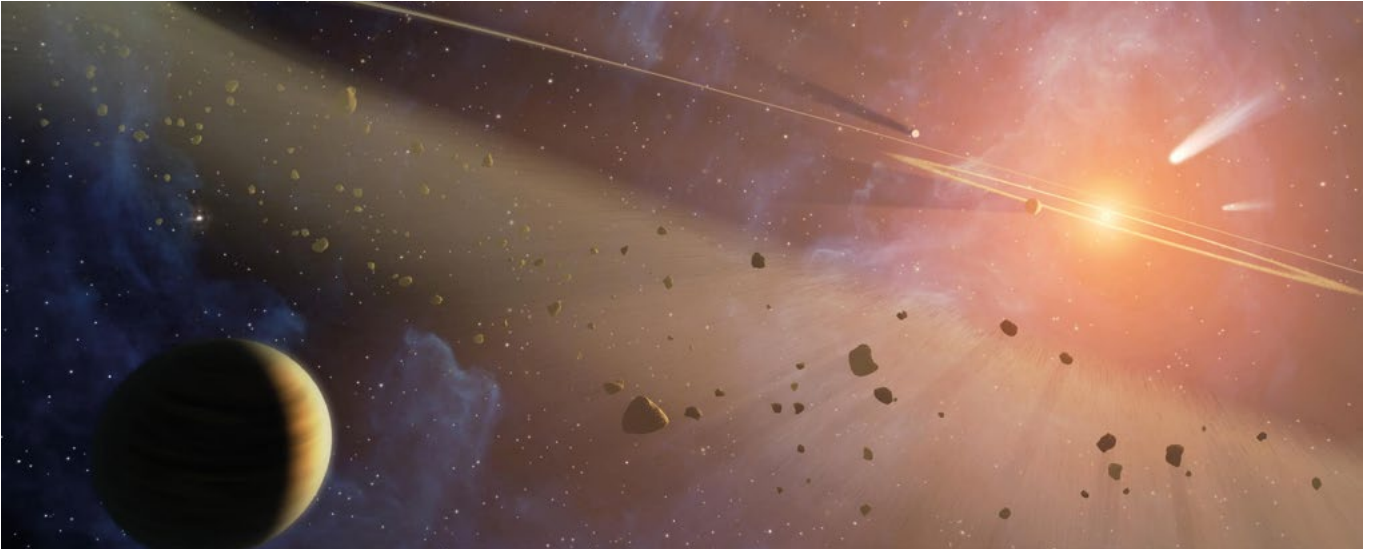
Ay'daki ve Dünya'daki jeolojik oluşumlardan alınan örneklerin incelenmesiyle yapılan araştırmalar, bu iki gök cisminin bileşimindeki bazı elementlerin ve bu elementlerin izotoplarının oranlarının birbirine çok yakın olduğunu gösteriyor. Ancak eğer Ay başka bir gök cisminin Dünya'ya çarpmasıyla oluştuysa, yapısında büyük ihtimalle bileşimi Dünya'ninkinden farklı olan o gök cismine ait bazı izlere rastlanması gerekirdi.

Ay ve Dünya arasındaki yapısal benzerliği açıklamak için farklı fikirler öneriliyor. Bu görüşlerden birine göre bu durumun nedeni Dünya ile çarpışan gök cisminin bileşiminin Dünya'ninkine benzer olması. Diğer bir görüş ise Ay'ın büyük oranda kaynağı Dünya olan maddelerden oluştuğu yönünde. Dünya ile diğer gök cismi arasındaki çarpışma, açığa çıkan kayaç parçalarının birbirleriyle neredeyse homojen bir şekilde karışmasına imkân sağlayacak kadar şiddetli olmuş da olabilir.

Dünya ile diğer gök cisminin yapısal olarak birbirlerine benzemesi görüşüyle ilgili en büyük problem, Güneş Sistemi'ndeki diğer gök cisimlerinin bileşiminin Dünya'ninkinden hayli farklı olması.

Bu, Dünya ile çarpışan gök cisminin bileşiminin Dünya'ninkine benzer olma olasılığının hayli düşük (yaklaşık %1) olması anlamına geliyor.





Sonuçları *Nature* dergisinde yayımlanan araştırmada bilim insanları, oluşumunun son aşamalarına yaklaşmış gezegenler ve bu gezegen embriyolarından daha küçük gök cisimlerini içeren bir bilgisayar modellemesi kullandı. Modellemede 100-200 milyon yıl içinde, gezegen embriyoları ve daha küçük gök cisimleri

arasındaki çarpışmalar sonucu kayaç yapısında gezegenler oluştuğu gözlemlendi. Bu süreçte gezegen embriyolarının başka küçük gök cisimleriyle çarpışıp bu cisimleri yapılarına katarak büyüdükleri anlaşıldı. Araştırma sonucunda gezegen embriyolarıyla çarpışan daha küçük gök cisimlerinin %20 ile %40'ının bileşimlerinin,

Ay ve Dünya arasındaki benzerliği açıklayabilecek şekilde, çarptığı gezegene benzebileceğini gösteriyor. Bu durum her iki gök cisminin, gezegenlerin oluştuğu toz ve gaz bulutu -gezegenimsi bulutsu- içinde oluştuğu koşulların aynı olmasıyla ilişkili olabilir.



Apollo 16 görevi sırasında astronot John W. Young Ay'ın yüzeyinden kayaç örnekleri topluyor.

Ay'ın oluşumuyla ilgili soru işaretlerine neden olan durum, bileşimindeki bazı elementlerin (örneğin oksijen, titanyum, tungsten) ve bu elementlerin izotoplarının oranlarının birbirine hayli yakın olması. Ancak son yıllarda yapılan kesinliği daha yüksek araştırmalar, bu elementlerin bazıları için Dünya ve Ay arasında küçük de olsa farklar olabileceğini gösteriyor. Bunun sebebinin Ay'ın oluşumundan sonra gerçekleşen süreçler olduğu öngörülmüyor.

Nature dergisinde yayımlanan iki araştırmada bilim insanları Dünya'dan ve Ay'dan alınan jeolojik örneklerde, tungstenin izotoplarından tungsten-182 (^{182}W) ve tungsten-184 (^{184}W) oranları arasında bir fark olduğunu belirledi. Her iki araştırmada da birbiriyle uyumlu şekilde Ay'daki tungsten-182 izotoplarının tungsten-184 izotoplarına oranının Dünya'dakinden yüksek olduğu anlaşıldı. Bu durumun nedeninin büyük çarpışma etkisiyle açığa çıkan toz bulutundaki maddelerin Dünya'nın ve Ay'ın yüzeyinde birikmeye devam etmesi olduğu düşünülüyor. Araştırmalar bu birikintilerdeki tungsten izotoplarının oranının ($^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$) Dünya'nın çekirdeğinin oluşumundan sonraki aşamada Dünya'nın yüzeyindekinden farklı olduğunu gösteriyor. Bilim insanları büyük çarpışmadan sonra Dünya'nın yüzeyinde biriken madde miktarının Ay'ın yüzeyinde birikenden fazla olması nedeniyle, günümüzde Dünya'nın yüzeyinde bulunan kayaçlardaki $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ oranının, Ay'daki kayaç örneklerindeki düşük olduğunu öngörüyor. Ay'ın oluşumundan hemen sonra ise bu oranın her iki gök cis-

mi için yaklaşık aynı olduğu tahmin ediliyor. Dünya'nın ve Ay'ın bileşimindeki tungsten izotopları açısından karşılaşılan bu fark, büyük çarpışma kuramının öngördüğü sonuçlarla tam olarak uyuyor. Dünya ile Mars büyüklüğündeki bir gök cisminin çarpışması sonucu açığa çıkan parçacıkların birbiriyle tam olarak karışıp sonrasında birleşerek Ay'ı oluşturduğunu öngören bu kuram, Dünya'nın ve Ay'ın bileşimindeki benzerlikleri ve küçük farklılıkları açıklayabiliyor. Bu nedenle bilim insanları tungstenin izotop oranları arasındaki bu küçük farkın belirlenebilmesinin çok önemli olduğunu söylüyor.

Apollo 12 görevi sırasında Ay'dan alınan kayaç örneği



A slında büyük çarpışmadan sonra Dünya'yı çevreleyen toz bulutundaki materyallerin Dünya'nın yüzeyinde birikmeye devam ettiğini öngören kuram, Dünya'nın bileşimiyle ilgili başka bir probleme cevap bulmak üzere öne sürülmüştü. Ay'ın oluşmasına neden olan büyük çarpışma aynı zamanda Dünya'nın çekirdeğinin de son şeklini aldığı süreci başlattı. Bu süreçte yapısındaki elementlerin bazıları Dünya'nın merkezine doğru taşındı. Ancak yapılan araştırmalar, bu elementlerin Dünya'nın yüzeyine yakın kısmındaki miktarlarının öngörülenden yüksek olduğunu gösteriyor. Tahminlerin dışındaki bu sonuçların nedeninin de, çekirdeğinin oluşum süreci tamamlandıktan sonra büyük çarpışmanın "enkazının" Dünya'nın yüzeyinde birikmeye devam etmesi olduğu düşünülüyor.

Büyük çarpışmanın etkisiyle açığa çıkan materyallerin birbiriyle homojen bir şekilde karışması ve Ay'ın oluşumundan sonra Dünya'nın ve Ay'ın yüzeyinde birikmeye devam etmesi, çarpışma kuramıyla ilgili en önemli problem olan Dünya'nın ve Ay'ın bileşimlerinin hayli benzer olması durumuna çözüm

bulmuş gibi görünüyor. Ancak Ay'ın oluşumuna dair öne sürülen görüşlerden olan büyük çarpışma kuramıyla ilgili doğru sonuçlara ulaşabilmek için, büyük çarpışmanın Dünya'nın yapısında hangi düzeyde bir hasara yol açtığı, çarpışma sonucu açığa çıkan materyallerin ne kadarının Dünya'ya ne kadarının diğer gök cismine ait olduğu, çarpışmadan sonra Dünya'nın yapısında değişikliğe neden olmuş olabilecek süreçler gibi daha birçok konuda bilgi sahibi olmamız gerekiyor.

Daha ayrıntılı bilgi için aşağıdaki kaynakları inceleyebilirsiniz.

- Touboul, M. ve ark., "Tungsten isotopic evidence for disproportional late accretion to the Earth and Moon", *Nature*, Cilt 520, Sayı 7548, s. 530-533, 2015.
- Kruijer, T. S. ve ark., "Lunar tungsten isotopic evidence for the late veneer", *Nature*, Cilt 520, Sayı 7548, s. 534-537, 2015.
- Herwartz, D. ve ark., "Identification of the giant impactor Theia in lunar rocks", *Science*, Cilt 344, Sayı 6188, s. 1146-1150, 2014.
- Mastrobuono-Battisti, A. ve ark., "A primordial origin for the compositional similarity between the Earth and the Moon", *Nature*, Cilt 520, Sayı 7546, s. 212-215, 2015.
- Canup, R. M., "Solar System: An incredible likeness of being", *Nature*, Cilt 520, Sayı 7546, s. 169-170, 2015.

