



SMART-1 AY'IN SIRLARINI ÇÖZME PEŞİNDE

Ay'ın Gizemi:

ABD Başkanı georeg W. Bush'un Dünya'nın doğal uydusu Ay'da yerleşke kurma planlarını duyurmasıyla, bilim çevrelerinde Ay'ın kökenine ilişkin tartışmalar yeniden gündeme taşındı. Ay nasıl oluştu ve Dünya çevresindeki mevcut yörüngesine nasıl geldi? Bunun için önerilmiş beş kuram var:

1- Yakalanma Kuramı: Ay, Güneş Sistemi'nin başka bir yerinde oluştu. Daha sonra, kütle çekimine kapılarak Dünya çevresinde bir yörüngede dönmeye başladı. Ancak, bu kuramın Dünya-Ay sisteminin dinamiği ve kimyasal bileşimi konusunda sorunları bulunuyor.

2- Birlikte Yoğunlaşma Kuramı: Bu yoruma göre, Güneş Sistemi'ni oluşturan asıl bulutsudan uzay çevresine aktarılan maddeden Dünya ve Ay, birbirlerinden bağımsız olarak hemen hemen aynı anda ve Güneş'ten aynı uzaklıkta yoğunlaşarak birlikte oluştu. Dünya ve Ay'ı bir çift gezegen gibi gören bu kuramın problemi, bu iki gök cisminin kimyasal bileşimlerinin farklı olması.

3- Bölünme Kuramı: Güneş Sistemi'nin ilk evrelerinde Dünya çok hızlı dönüyordu. Dünya, manto tabakasının bir parçasını fırlatıp attı ve Dünya'dan koparak ayrılan bu parça Ay'ı oluşturdu. Pasifik Okyanusu'nun mevcut tabanı, Dünya'nın Ay'dan gelen parçası için en iyi bilinen yer. Ancak, yine Dünya-Ay sisteminin dinamiğini açıklamada problem var.

4-Çarpışan Küçük Gök cisimleri Kuramı: Güneş Sistemi, ilk başlarda Dünya ve Güneş çevresindeki yörüngelerinde hareket eden "gezegenimsi" küçük gök cisimlerinin (çok büyük kaya parçaları olan asteroidler gibi) birbirleriyle çarpışarak parçalanmaları sonucu oluşan kalıntıların yoğunlaşmasıyla Ay oluştu. Bu kuram içinse, bu güne kadar hiç bir ipucu bulunabilmiş değil.

5-Büyük Darbe Kuramı: Dünya henüz çok gençken, Mars büyüklüğünde bir gök cismi Dünya'ya çarpar (Şekil 1). Neden olduğu dev darbe sonucunda Dünya'nın manto tabakası ve çarpan cismin her ikisinden çevreye fırlayan parçalar, Dünya çevresinde bir yörünge boyunca dönen bir halka oluşturur. Zamanla halkayı oluşturan material parçaları en büyük olanının üzerine yapışıp kaynaşmak suretiyle Ay'ı oluşturur. Buna ek olarak, çarpışma büyük miktarda gaz yayılmasına neden olur. Özellikle de oksijen. Ay, Dünya'ya şimdikinden 20 kat daha yakinken, yavaş yavaş şimdi bulunduğu yörüngeye kayar.

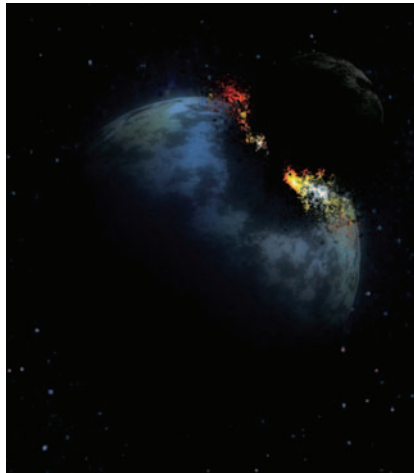
Bilim dünyasında en çok kabul gören sonuncu kuram, ilk kez 1975'de Amerikalı bilimciler Ay toprağı üzerindeki ilk incelemelerini tamamladıklarında ABD'de kamuya duyuruldu. Özellikle Dünya'da çok yüksek oranda demir bulunmasına karşın Ay'da bu oranın çok az olduğu ortaya çıktı.

Daha önce Fransız matematikçi Joseph-Louis

Lagrange, Dünya'nın güneş çevresindeki yörüngesi üzerinde hareket eden bir gök cisminin sabit durabileceği, gezegenimizin arka ve ön yüzeyine 60 derecelik uzaklıklarda iki yer tesbit etti. Princeton Üniversitesi profesörleri Richard Gott ve Edward Belbruno Ay ve Dünya'daki oksijen izotoplarını karşılaştırdıklarında, her ikisinin de aynı yaşta olduğunu gördüler. Bunun üzerine büyük darbeyi gerçekleştiren Mars büyüklüğündeki cismin, adı geçen yerlerin birinde var olabileceğini öne sürdüler. Yeni oluştuğunda bu gök cismi, Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesi boyunca hareket ediyordu. Daha küçük bir kütleyle ulaştığıdaysa diğer gezegenlerin, özellikle de Jüpiter'in kütle çekimi etkisiyle Lagrange noktası dışına itilen cisim Dünya'ya doğru uçuşa geçti. Ve sonunda ona çarptı. Tanımlanan işlemin bilgisayar simülasyonu çarpışmanın kaçınılmaz olduğunu gösteriyor.

Dünya'ya çarptığı söylenen bu devasa gök cisminin bir parçası, günümüzde de varlığını sürdürüyor olabilir mi? Bazı bilimciler iri bir kaya boyutlarındaki 2002 AA29 asteroidinin böyle bir rol oynabileceğine inanmaktalar. Asteroidin yörüngesi onu düzenli aralıklarla Dünya'dan 5.8 milyon yıl mesafeye getiriyor. Bu özgün yörünge büyük olasılıkla çarpan cismin 4.5 milyar yıl önce üzerinde hareket etmekte olduğu yörünge'nin bir benzeri. 2002 AA29 asteroidi, geçekten de Dünya'ya çarpan cismin bir parçasıysa, üzerinde gezegenimizin orijinal malzemesinden parçalar taşınması olasılığı gözardı edilemez. Gelecekte Güneş sistemindeki en değerli kayalardan biri olarak düşünülen bu asteroide bilimciler bir uzay uçuşu düzenleyebilir ve bir uzay sondası yardımıyla ondan toplam örnekleri elde edebilirler.

Son zamanlarda Rus akademisyen Oleg Boga-

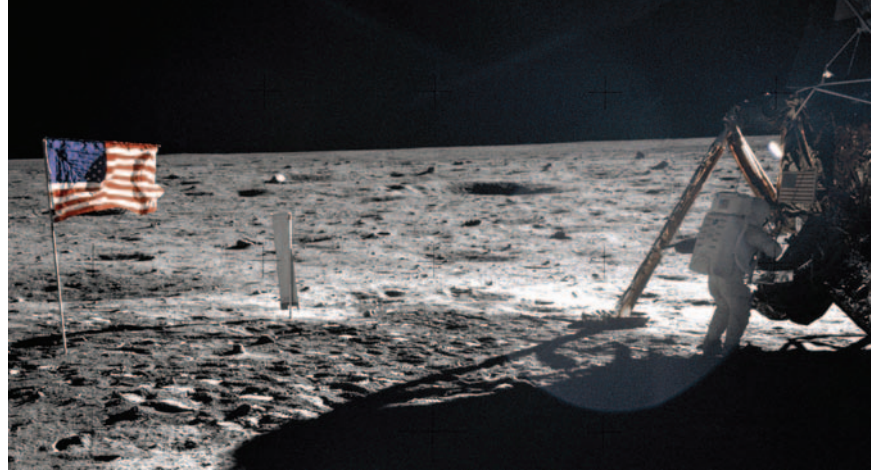


titkov'un X-ışınlarında tarama yapan bir mikroskop kullanarak yürüttüğü özgün araştırmasına göreyse, Ay'ın en eski kayası 4 milyar yıldan daha yaşlıyken, Dünya'nın en eski kayasının yaşısı en fazla 1.2-2.6 milyar yıl. Bogatikov'a göre Dünya gezegeninin ve doğal uydusunun gelişiminin erken safhaları birbiriyle örtüşmediğinden Dünya ve Ay'ın ebeveynleri farklı gök cisimleri olmalı.

Dünya-Ay Sistemine Hoşgeldiniz

Her yıl Güneş çevresinde bir tur atan ve yer yüzünden bakıldığında çevremizde dolanmakta olduğu gözlemlenen Cruithne ve 2002 AA29 asteroidleri Dünya'nın yarı-uyduları kabul edilseler de Ay, Dünya'nın tek gerçek uydusu. Merkür gezegeni büyüklüğündeki Ay'ın, Dünya'nınkinin dörtte biri kadar bir yarıçapı, sekizde biri kadar bir kütlesi ve altıda biri kadar yüzey kütle çekimi var. Dünya'ya olan uzaklığı yörünge hareketi boyunca farklılık gösteriyor; en yakındayken 345.400 km, en uzaktayken 406.700 km. Dünya çevresinde az derecede eliptik olan yörüngesini 27 gün 7 saat ve 43 dakikada tamamlıyor. Yıldız hareketlerine göre ortalama Güneş zamanı cinsinden hesaplanan bu süreye bir "yıldız ayı" adı verilir. Haffiçe eğimli olan kendi ekseni çevresinde dönüş süresi de bir yıldız ayına eşit. Ancak, Dünya'da gökyüzünde gözlemlenen bir ay fazına tekrar dönmesi için Ay'ın 360 dereceden biraz daha fazla yol alması gerekiyor. Dolayısıyla bir "Ay ayı" yaklaşık 29,53 gün.

Aslında Ay'ın kendi çevresinde dönme periyodunun Dünya-Ay sisteminin yörüngesel periyodu ile aynı olması rastlantı eseri değil. Tahminlere göre bu her zaman doğru değildi. Milyarlarca yıllık bir süreç içerisinde Ay ve Dünya'nın karşılıklı gelgitlere bağlı çekim kuvvetlerinin birleşmesi bu duruma neden oldu. Zaman içinde dönme periyodunun yavaş yavaş azalmasıyla Dünya, Ay'la tam



olarak aynı dönme periyoduna sahip olacak. Aynı zamanda yörüngesel dönme periyotları da eşitlenecek. Dolayısıyla günümüzden milyarlarca yıl sonra, halen Ay için olduğu gibi Dünya'nın da hep aynı yüzü Ay'a dönük olacak. Dünya-Ay sisteminin toplam açısal momentumunun korunabilmesi için Ay ile Yeryüzü arasındaki uzaklık giderek artmakta olduğundan, sonunda Ay bütünüyle Dünya'dan kopmuş olacak.

Dünya-Ay ve Plüton-Charon sistemleri, uydusu kütleli gezegenin kütlesinin yüzde kırkıdan daha büyük olan Güneş Sistemizdeki tek örnekler. Plüton-Charon Sistemi'nin uydusu-gezegen kütle oranı



0,147 ve Dünya-Ay sisteminde aynı oran 0,123'ken, uydusu ya da uyduları olan diğer gezegenler için bu oran 0,0025 ve ya daha az. Ay'ın, Dünya'nın manto tabakası içinde bir ortak kütle çekim merkezi etrafında dönmesi, onu Dünya'nın uydusu yapar (Şekil 2). Ancak, Plüton-Charon sisteminde her iki cisim de Plüton'un dışında ve iki cismin arasında kalan uzayda bir nokta etrafında dönmeleri nedeniyle Plüton-Charon sistemi çift gezegen kategorisinde oluyor. Yine de çoğu bilimci bu iki cisim Güneş Sistemi'ne dahil etmek yerine, Kuiper kuşağının en büyük cisimleri olarak nitelendirmeyi tercih ediyor.

Eğer Ay olmasaydı, Dünya'nın ekseni devamlı değişerek yaşayanların hepsi için felaketsel sonuçlar doğuracak sert iklim değişikliklerini tetikleyecekti. Ay'ın kütle çekimi, bu tür salınmaları yok edip iklimleri dengeliyor. Ay gelgitleri, Güneş Sistemi'ndeki benzerlerine göre üç kez daha uzun oluyor. Ay, gezegenimizde yaşamın oluşması kadar devam etmesinde de önemli bir role sahip. Bu durum, Dünya-dışı yaşamın Ay ve Dünya çiftine benzer gezegen sistemlerinde olanaklı olacağı düşüncesini akla getiriyor.

Ay'ın Yapısı

Göktaşı çarpmaları sonucu oluşan yüzey ve alt yüzey kırılmaları ve ısınması 3,8 milyar yıl önceki şiddetli "yanardağ etkinlikleri dönemi" ne neden oldu. Bu dönemde artık göktaşı bombardımanı kesilmişti. Çünkü, Güneş Sistemi'nin kalıntılarının çoğu oluşmuş gezegenlerce yakalanıp çevrelerindeki yörüngelerde tutulmaya başlanmıştı. Yanardağların oluşumuyla bağlantılı lav akışları, alçak alanları ve birçok krateri doldurdu. Akan lavlar katılaşarak çok küçük kraterlerle kaplı, düz ve koyu renkli alanlar olan "Ay denizleri"ni oluşturdu. Buralardaki asıl kraterlerin çoğu lav akıntılarıyla kaplandı Bu bölgelere aktif yanardağlar döneminden bu yana kayda değer büyüklükte yalnızca bir kaç göktaşı çarptı. Lav akıntılarının kaplamadığı bölgelerde "yüksek karalar" oluştu. Bu nedenle, "yüksek karalar" denen bölgelerde "deniz" adı verilen bölgelerdekinden farklı kayalar oluştu.

En büyüklerinin genişliği 200 km'yi geçen yanardağların oluşturduğu kraterler çok ender görülüyor ve çarpma kraterlerine göre çapları küçük. Çarpışma yapılarının çapları 300 km'yi geçtiğinde, bunlara krater yerine "çarpma havzaları" deniyor. Ay'da böyle 40'dan fazla böyle havzamanın varlığı biliniyor.

Çarpma havzalarının en yenileri Crisium, Serntatis ve Nectaris gibi daha dairesel denizler, en eski havzalar da Tranquillitatis ya da Fecunditatis gibi düzensiz şekillenmiş denizleri oluşturdu.

Ay yüzeyinde görülen en yüksek oluşumlara dünya dağlarının isimleri verildi. Güney kutup bölgelerinin üstünde yükselen Ay'ın en yüksek Leibnitz dağının zirvesi 8000 m'ye ulaşıyor.

3,1 milyar yıl önce yanardağ etkinlikleri durduğundan beri Ay, jeolojik olarak ölü sayılır. O günden bu yana, ara sıra göktaşı çarpması ya da küçük ölçekli ay depremi ve yüzeyin mikro-meteorite erozyonu dışında hiç bir jeolojik harekete rastlanmıyor. Ay'daki sismik etkinlikler, en çok Dünya'nın indüklediği gel-git kuvvetleri tarafından körükleniyor. Ayrıca aşınma işlemi asteroid ve meteoritlerin çarpmaları sonucu da gerçekleşiyor. En şiddetli çarpmalar, Ay kabuğunu kırarak içteki mağmanın dışarı akmasına izin verir. Yüzey küçük çarpmalarda öyle çok çalkalanmıştır ki "regolit" adı verilen 15 m derinliğinde pudraya benzeyen bir toprak tabakasına dönüşmüş bulunuyor.

Ay'da kayda değer atmosfer olmaması ve çok az ya da hiç su bulunmaması nedeniyle en yaygın olarak püskürük(ateşle-şekillenmiş) kayalar bulunur. Bu da Ay yüzeyindeki malzemeyle Dünya'daki arasındakiki çarpıcı farkı oluşturuyor.

Ay yüzeyinin altında Ay'ın içi tekdüze(homojen) bir katı kabuk (50-75 km kalınlığında), onun altında 800 km aşağıya kadar giden bir manto(litosfer) ve daha sonra Ay merkezinin yarı yoluna kadar bir ara tabaka olan astenosfer katmanları yer alır. Merkezindeyse büyük ölçüde erimiş demirden oluşan küçük bir çekirdek olabilir. Sınırlı sayıdaki sismik veriden çıkan sonuç, dış çekirdeğin erimiş olabileceği... Ay'ın kayda değer bir manyetik alanı yok. Ay kayalarının mıknatıslanmasının erken devirlerde daha büyük olduğu düşünülüyor.

Dünya'da olduğu gibi Ay'ın yüzeyinde de en bol bulunan element, oksijen. Tabii, oksitler biçiminde. Her yerde çokca silikatlar bulunuyor. Ay denizlerinin yüzeyleri yalnızca pyroxen değil, magnezyum, demir ve titanyum elementleri bakımından da zengin. Yüksek karalardaki kayalarsa, kalsiyum ve alüminyum bakımından zengin. Toprakta sülfür, fosfor, karbon, hidrojen, nitrojen, helyum ve neon olduğuna dair izler bulunuyor. Ay yüzeyi devamlı güneş rüzgarına maruz kalır ve bu rüzgardan gelen hidrojen, helyum ve helyum-3 izotopu tuzaklanır. Ay kutuplarının hidrojen zengin olması tuzaklanmış bir su buzu şeklinde yorumlanabilir. Helyum-3 izotopu, düşlenen enerji reaktörlerinde kullanmak için füzyon fizikçilerinin aradığı madde. Ay, gelecekte bir madencilik ve üretim üssü olarak da düşünülüyor.

Ay Yüzeyinin Özellikleri

Ay, kendi eksenini çevresinde tam bir dönme hareketini bir yıldız ayı süresince tamamladığı için, Dünya'dan her zaman hemen hemen aynı tarafı görülür. Yörünge hareketindeki önemsenmeyecek kadar küçük salınımlar ve yörünge eliptik düzleme(Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinin bulunduğu düzleme) olan eğimi nedeniyle, Ay yüzeyinin % 59'u Dünya'dan bir kerede ya da bir kaç gözlemlerde görülebilir. Bu bölüm, Ay'ın yakın tarafı olarak adlandırılır. Geri kalan, Dünya'dan göremediğimiz uzak yanı % 41'lik kısmının da uzay araçları sayesinde haritası çıkarılmış bulunuyor. Apollo seferleri sırasında da Dünya Ay'ın arkasındayken uçuş mürettebatı ile doğrudan radyo haberleşmesi kesildi ve NASA'nın Houston Uzay Merkezi'ndeki görevliler Ay'ın yörüngesi üzerindeki konumu haberleşmeye izin verinceye kadar beklemek zorunda kaldılar.

Yakın tarafta (Şekil 3) çoğunlukla büyük denizlere rastlanmasına karşılık uzak taraf, (Şekil 4) yoğun şekilde kraterlerle hırpalanmış bir görünüm sergiliyor. Ay'ın yakın yüzeyinin % 35', ilk kez Rusların Luna-3 sondasınınca görülen arka

yüzüne yalnızca %5'i, en büyüğü Moskova Denizi diye adlandırılan denizlerle kaplı. Bu farkın en iyi açıklaması, uzak tarafta Ay kabuğunun 40 km daha kalın olması nedeniyle erimiş materyalin yüzeye nüfuz etmesinin daha zor olması.



Avrupa'nın İlk Ay Macerası: ESA/SMART-1 Uçuş Projesi

SMART-1 Uçuş Projesi, ESA'nın Teknolojide İleri Araştırmalar için Küçük Uçuşlar (Small Missi-

ons for Advanced Research in Technology, kısaca SMART) serisinin ilki ve ESA'nın ilk Ay Uçuşu projesi (Şekil 5). SMART-1, 370 kg ağırlığında, güneş panelleri kapalıyken yalnızca 1m³ hacminde minyatür bir uzay aracıdır. Güneş panelleri açıldığında uzunluğu 14 m'yi buluyor. Ay'ın kütleçekimi alanına girinceye kadar SMART-1, Dünya çevresinde 332 yörünge tamamladı ve yolculuk

boyunca toplam 3700 saat çalışan itme motoru 289 kere ateşlendi. Ay'a beklenenden iki ay önce ulaştı. 82 kg xenon yakıtının yalnızca 59 kg'ını tüketti. Kalan yakıt uzay aracının Ay yüzeyine daha yakın yörüngelere kaydırılması ve uçuş süresinin bir yıl uzatılmasına olanak tanıdı.

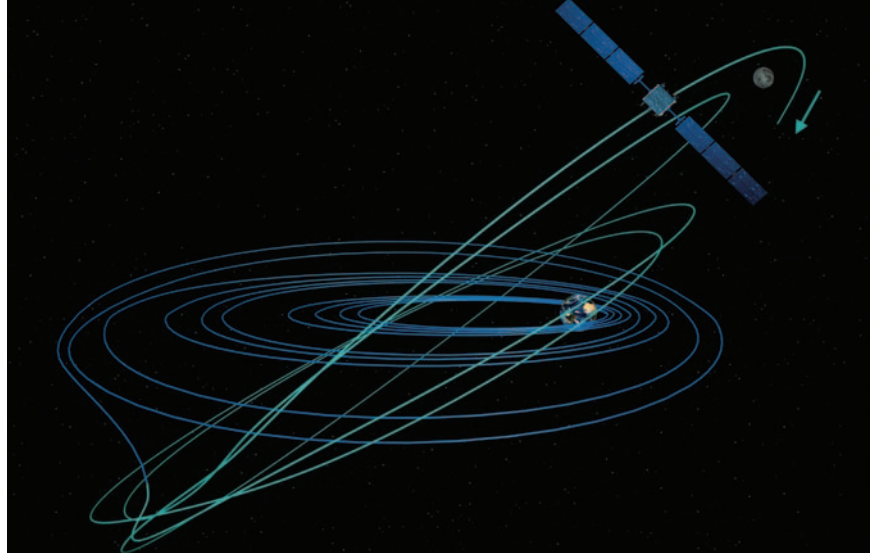
Ay'a Sarmal Rota

SMART-1, 27 Eylül 2003'te Fransız Guyanası'ndaki Kourou'da Avrupa Uzay Üssü'nden fırlatılan Ariane-5 roketiyle uzaya taşındı(Şekil 9). Ariane-5, SMART-1 uzay aracını 42 dakika sonra 645x35885 km'lik yeryüzü ile aynı hızda döneceği Dünya çevresindeki eliptik yörüngesine bıraktı. Fırlatılışından üç gün sonra itme motoru hareket geçirilerek uzay aracının Dünya'yı çevreleyen Van Allen radyasyon kuşaklarını güvenli biçimde geçmesi sağlandı. Böylece SMART-1'in 13 ay süreceği ve Ay'a doğru sarmal bir rota boyunca gerçekleşecek olan yolculuğu başladı (Şekil 10). Almanya'nın Darmstadt şehrinde bulunan Avrupa Uzay Operasyonlarını Yürütme Merkezi ESOC'un kontrolündeki itme motoru, haftada iki günlük periyotlar halinde ateşlenmek suretiyle önce uzay aracının eliptik yörüngesi dairesel hale getirildi ve daha sonra da bu dairesel yörünge yavaş yavaş Yeryüzünden öteye Ay'a doğru genişlemesi sağlandı. Ay'ın çekim alanına girdiğindeyse, yüzeye doğru giderek daralan yörüngeler izleyerek en son Ay yörüngesinde yolculuğu sona erdi.





Ay'dan 200.000 km uzaktayken araç üzerinde Ay'ın kütleçekimi etkileri başladı. Ay'ın kütleçekimi eşliğinde yapılan üç manevrayla SMART-1 'in sarmal yörüngesi genişletildi. İlk ikisi Ağustos ve Eylül 2004 aylarında başarıyla gerçekleşti. Sonuncu manevraya Ekim 2004'te, itme motorunun ayın 10'nundan 14'üne kadar devam eden



son önemli ateşlemesiyle gerçekleşti. Dünya çevresindeki son iki yörüngesini de tamamlamasına imkan sağlanmış olduğu için bu itmeden sonra motorun çalışmasına daha fazla gereksinim kalmadı. Aynı itme, uzay aracının Dünya çevresindeki yörünge turlarının sonuncusunu 2 Kasım 2004'de tamamlayarak Ay'ın doğal çekim küresine doğru

düzenli bir şekilde düşmesine izin verdi.

11 Kasım 2004'de SMART-1, Ay ile dünya arasındaki ilk Lagrange Noktası olan L1'in yakınına geldiğinde, dairesel yörüngesini genişletme işlemi sona erdi. 13 Kasım 2004 tarihinde de Ay yüzeyinden 60.000 km uzaklıkta Ay çevresindeki yörünge hareketine başladı. İlk kez 1772 tarihin-

Yeni Teknolojilerin Denenmesi

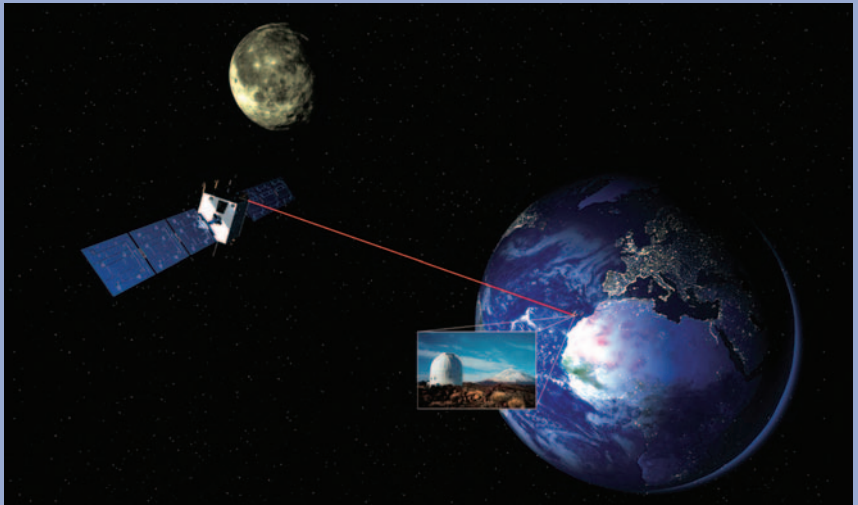
SMART-1 Uçuş Projesi kapsamında bilimciler ve mühendislerden oluşan çok uluslu bir araştırmacı grubu ESA/ESTEC'teki Bilim ve Teknoloji Operasyonları Merkezi STOC tarafından koordine edilen on farklı araştırmayı yürütüyor.

SEP ve HET : Kısaca SEP (Solar Electric Propulsion) adı verilen güneş panelleri kullanılarak elde edilen güneş enerjisini elektriğe çevirmek yoluyla uzay aracının birincil itme motoruna güç sağlayan bir ateşleme sistemi gezegenler arası uzayda yol almak için ikinci kez denendi (Şekil 6). SMART-1, kütleçekimine karşı Hall Etkisi İtme Motoru (Hall Effect Thruster, kısaca HET) kullanarak gezegenler arası uzayda yol alan ilk uzay aracı oldu.

EPDP ve SPEDE: Bu araçlar, SMART-1'nin güneş panelleri ve itme motorunun çalışma performansını, uzay aracı üzerindeki olası yan etkilerini ve uzay aracını çevreleyen uzay ortamındaki doğal elektrik ve manyetik olgularla etkileşimlerini ekranda görüntülüyorlar.

KaTE: Bu alet kullanılarak geleneksel radyo frekanslarına göre çok kısa dalga boyu Ka bantında (32Gigahertz) Dünya ile haberleşme konusunda başarılı bir deneme gerçekleştirildi. Gelecekteki uzay araçlarının bu yolla daha fazla bilgiyi çok kısa sürede Dünya'ya aktaracakları düşünüyor.

Lazer Bağlantısı: Bu yolla ilk kez İspanya'nın Kanarya adalarındaki Tenerife yerleşim bölgesinde bulunan ESA'nın Optik Algılama Yer İstasyo-



nyuyla uzayın derinliklerinde hızla hareket etmekte olan bir uzay aracı arasında haberleşme başarıyla denendi. (Şekil 7).

OBAN yazılımı: SMART-1'in taşıdığı AMIE kamerası tarafından çekilen gök cisim görüntüleri referans alınarak Yeryüzündeki bilgisayarda yüklü olan, uzay aracının tam olarak nerde olduğunu ve hızının tespit edilmesi ve yön bulmasına yardımcı olan yazılım denendi.

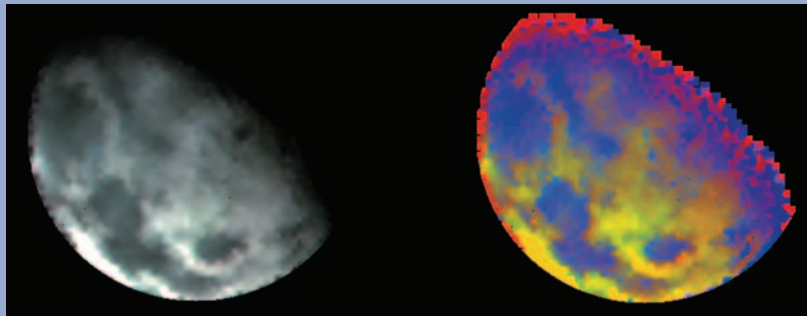
AMIE: Bir sayısal uzay mikro-kamerası içeren, 1.8 kg' dan daha hafif bu minyatür aygıt, görülebilen ışık ve yakın-kızılötesi bölgede araştırma ve inceleme yapmaktadır.

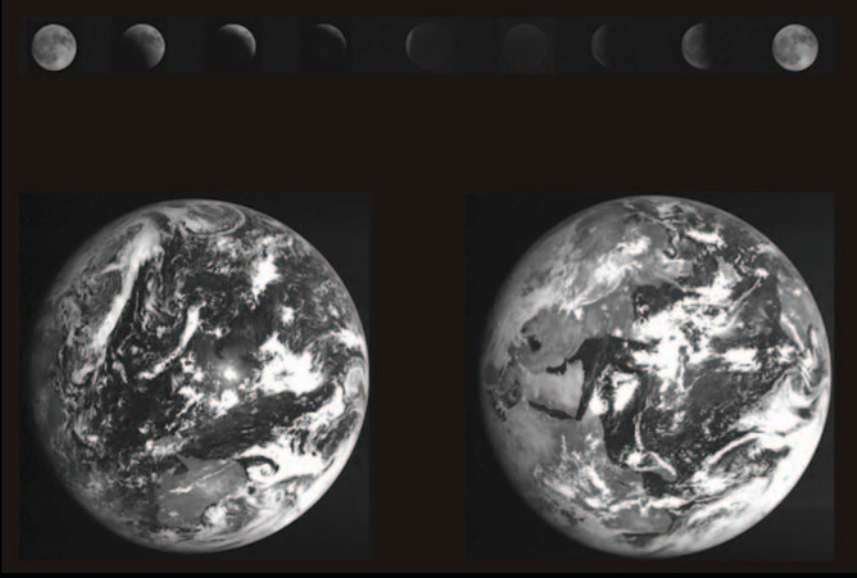
SIR: Yakın-kızılötesi nokta tayfölçeri SIR, Ay minerallerini araştırmaya başladı . Ay yüzeyinden gelen görülebilen ve görülemeyen ışıkta kimyasal

bileşenleri (Şekil 8) ve jeolojik tarihi hakkında ipuçları sağlaması bekleniyor.

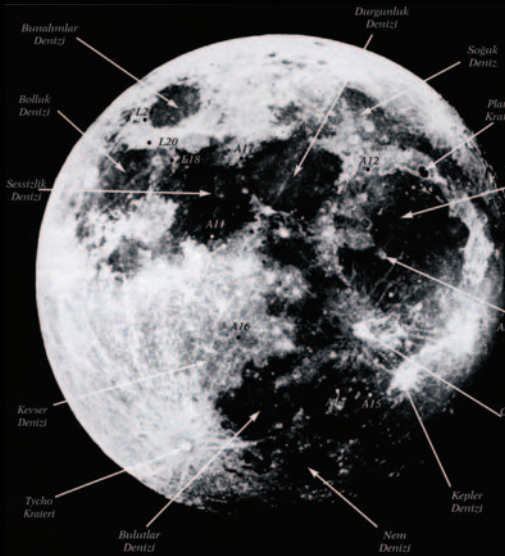
RSIS: Hızın radyo pulsalarını nasıl değiştirdiğini görmek için Doppler etkisini kullanarak HET'in çalışmasını kontrol ediyor. RSIS mikrodalga sistemi, KaTE'in ve AMIE kamerasının yardımıyla, ilkin Ay kuzey kutbunun ve sonra güney kutbunun Dünya'ya doğru hafifçe eğilmesi biçimindeki Ay'ın iyi bilinen bir hareketini ilk kez uzaydan gözlemledi.

D-CIXS ve XSM: Beş kg'dan daha hafif, 15-cm genişliğinde bir X-ışını kamerası. D-CIXS, türünün uzayda denenilen ilk örneği. SMART-1 yolculuğu sırasında D-CIXS aracılığıyla X-ışını kaynakları, kuyruklu yıldızlar belirlendi. Halen Ay yüzeyindeki kilit kimyasal elementleri inceliyor. XSM ise X-ışınlarında görüntü veren bir ekran.

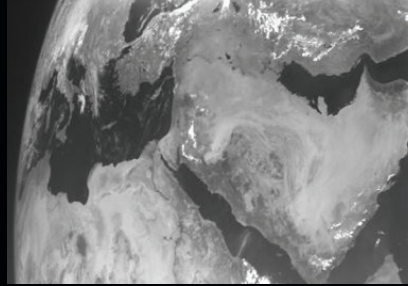




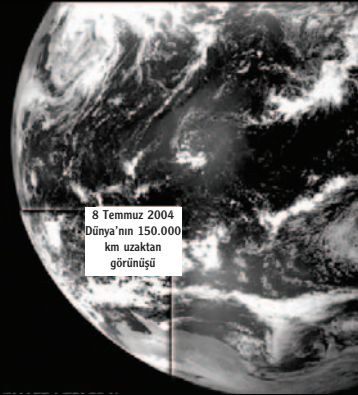
Şekil 11: 28 Ekim 2004'deki tam ay tutulması sırasında SMART-1, Dünya'dan 290.000 km ve Ay'dan 660.000 km uzaktayken AMIE kamerasıyla ilk kez Ay tutulması sırasında Dünya ve Ay birlikte uzayda görüntüledi.



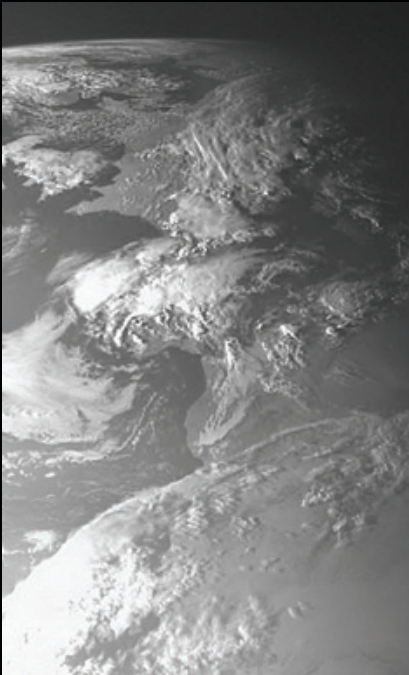
Şekil 12: Ay'ın Görünen yüzündeki denizler.



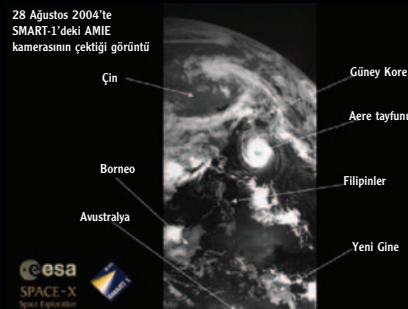
Şekil 14: 26 Temmuz 2004'te Dünya'dan 100.000 kilometreden daha fazla uzaklıkta SMART-1'in AMIE kamerası Ortadoğu ve Akdeniz'in birlikte görüntülerini aldı.



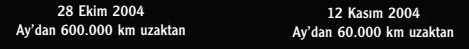
Şekil 15: 16 Ağustos 2004'te SMART-1'nin renkli filtreler ve AMIE vasıtasıyla almış olduğu Pasifik Okyanusundaki görüntülerin birleşimi olan bir mozaik.



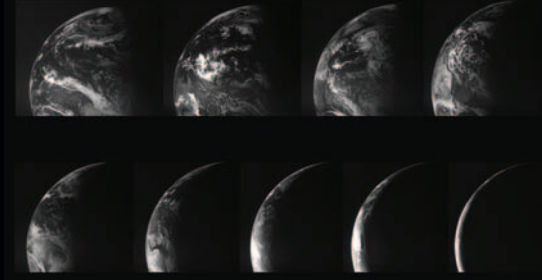
Şekil 13: 21 Mayıs 2004'te SMART-1'in AMIE kamerası, siyah-beyaz temiz kanal kullanarak Dünya'dan 70.000 kilometre yükseklikten Avrupa ve Kuzey Afrika'nın görüntüsünü aldı.



Şekil 16: Güneydoğu Asya'yı gösteren bu AMIE görüntüsü, 28 Ağustos 2004'te alındı. Aere tayfunu Güney Kore'nin altında açıkça görülmekte.



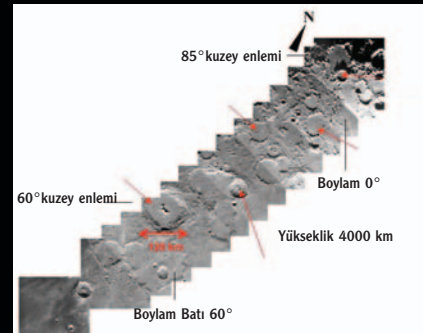
Şekil 17: Bu iki görüntü SMART-1'in Ay'a yaklaşması sırasında alındı. Soldaki Ay'dan 600.000 km uzaktaki uzay aracı Dünya etrafındaki son yörüngesi civarındayken 28 Ekim 2004 tarihinde alındı. Yaklaşık 15 gün sonra yine 600.000 km öteden 12 Kasım 2004'de alınan sağdaki görüntüde Dünya'ya yüzünü dönen Ay'ın Yeni Ay safhasında olduğu görülüyor.



Şekil 18: SMART-1 Ay çekimine kapılmadan önce son yakın Dünya yörüngesindeyken AMIE kamerasının 1 ve 2 Kasım 2004 tarihlerinde 200.000 km'den aldığı, Dünya'nın dönme periyodu boyunca kuzey yarıküresinin almış olduğu güneş ışığının nasıl azaldığını gösteren görüntüleri.



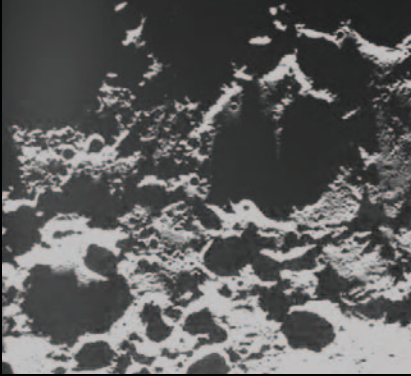
Şekil 19: SMART-1'in Dünya'ya ulaşan ilk yakın Ay görüntüsü, 75° kuzey enleminde farklı boyutlarda göktaşı çarpmalarının oluşturduğu farklı boyutlarda kraterlerin bulunduğu bir bölgeyi göstermekteydi.



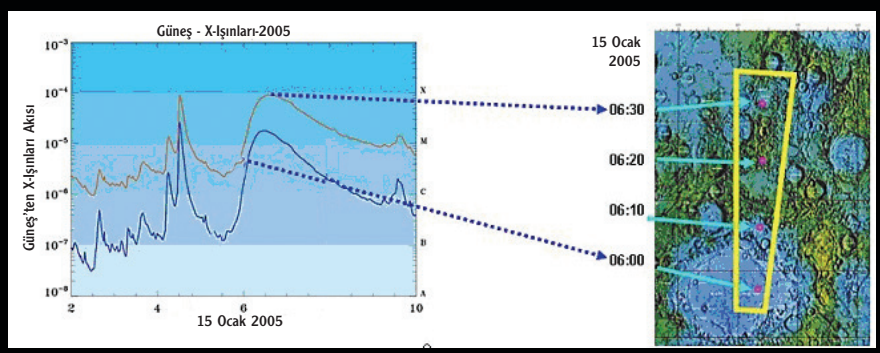
Şekil 20: Kuzey enlemlerinde oluşturulan bu mozaik görüntü başlangıç olmak üzere SMART-1 ekibi, daha alçak enlemlerde aynı yüksek çözünürlükte mozaik görüntülerden oluşan bir harita oluşturmayı umuyor.



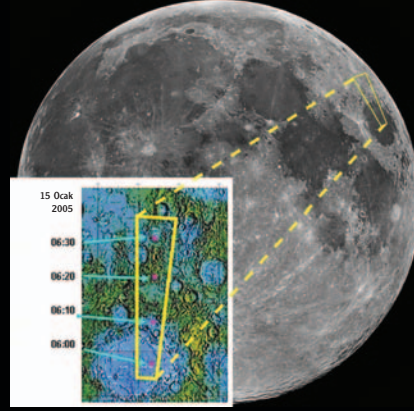
Şekil 21: SMART-1 tarafından 29 Aralık 2004'de 5500 km uzaktan gözlemlenen kuzey kutbuna yakın bir 275 km'lik alan (yukarı sol köşe) görülüyor. Burası büyük kraterlerin kenarlarının oluşturduğu gölge oluşumunun bulunduğu yüksek karalar bölgesi.



Şekil 22: SMART-1 tarafından 19 Ocak 2005'de (kuzey kışı gündönümüne yakın) 500 km uzaktan gözlemlenen 250 km genişliğinde bir kuzey kutbu bölgesi. Görüntünün en tepesindeki krater kenarının aydınlatılmış kısmı kuzey kutbuna çok yakın bir "Görünen Işık Tepesi" adayı. Ay kutuplarındaki mevsimsel değişimlerden bağımsız olarak hiçbir yanına Güneş ışığı değmeyen karanlık kraterlerle kaplıken, Kendisi sürekli güneş banyosu yapan "Görünen Işık Tepesi", çevresindeki kraterlerin tabanlarında sıcaklık Güneş sistemindeki en düşük derece olan -2000C'ye yakın olup buraların kalıcı birer su-buz deposu olduğu düşünülüyor. SIR, Görünen Işık Tepesi'nden yansıyan ışığı kullanarak bu su-buz depolarını keşfedecek.



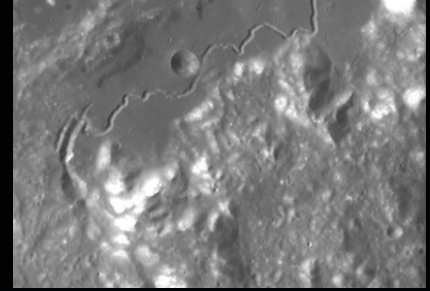
Şekil 23: 15 Ocak 2004'de saat 06:00 UT gerçekleşen Güneş parlamasının Ay'ın yüzeyini normalin üstünde aydınlatmasından D-CIXS en iyi şekilde faydalandı.



Şekil 24: D-CIXS o anda gözlemlemekte olduğu Ay yüzeyi bölgesi olan Crisium Denizi'nde asıl olarak kalisyumun yanı sıra alüminyum, silikon ve demir belirdi.



Şekil 25: Cassini krateri. 57 km çaplı krater, 40° Kuzeyde Yağmurlar (Imbrium) Denizi'nin köşesinde yer alıyor. Yağmurlar Denizi 1250 km çapıyla Ay'ın görülebilen yanındaki 3700 - 3900 milyon yaşındaki denizler arasında en geniş ikincisi. Aynı zamanda Ay denizleri içinde en genç olanlardan. (en genç olanı Orientale Denizi).



Şekil 26: 26 Temmuz 2005'de SMART-1 tarafından AMIE ile 2000 km yükseklikten alınan görüntü, Yağmurlar Denizi'nin güney-batı köşesinde 3 milyar yıl önce oluşan yılankavi yapı Hadley Rille yakınlarında 100 km'lik bir alanı gösteriyor. Hawaii adalarında da Ay yüzeyinde rastlanan dere yatağı benzeri bu oluşumları andıran lav kanalları ve olukları bulunmakta. Ancak, bunlar Ay'dakilere göre daha küçük. Bu durum Ay'ın kütleçekiminin çok küçük olmasına karşılık morfolojik işlemler üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu gösteriyor.



Şekil 27: 30 Ağustos 2005'te Smart-1 8.4° Kuzey , 77.6° Batı'da konumlanan ve 43 km çapındaki Glushko Kraterini görüntüledi. Olber kraterinin batı kenarına ilişik olan bu krater 800 milyon yaşındaki Copernic kraterine kıyasla çok genç ve albedosu (Dünya ışığını yansıtma oranı) yüksek bir krater.

de Lagrange, L1 adı verilen noktada Ay'ın ve Dünya'nın kütleçekimi etkilerinin dengede olduğuna dikkat çekmişti.

SMART-1, Dünya'nın kütleçekim etkisinden bütünüyle kurtularak 15 Kasım 2004 günü 17:48 UT'de Ay çevresindeki en uzak yörüngesine girdi. Ay çekimine kapılmasından sonra uzay aracı, dört kritik gün boyunca Ay'dan kaçıp uzaklaşmaz ya da Ay yüzeyine doğru çekilip düşerek parçalanmak olasılıklarını ortadan kaldırmak amacıyla itme motoru yeniden devreye sokarak yörünge hareketini dengeledi. Ayrıca 29 Aralık 2004 tarihine kadar çalışmasına devam ederek bu süre zarfında boyutunu ve dönme süresini yavaş yavaş azaltmak suretiyle SMART-1'in yörüngesini Ay yüzeyinden görüntü alınabilecek şekilde ayarladı.

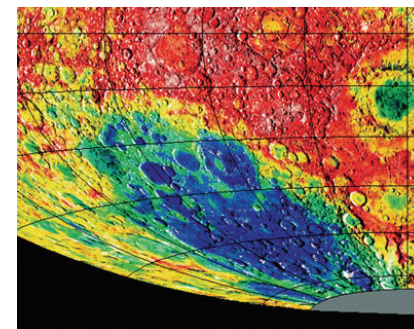
Ay Biliminde Yapılacak Daha Çok Şey Var!

15 Şubat 2005 tarihinde Avrupa Uzay Ajansı'nın Bilim Programı Komitesi tarafından SMART-1'in Ağustos 2005'te sona eren görev süresinin bir yıl uzatılmasının beklenen getirileri şunlar:

- Ay çevresindeki normal bilimsel inceleme ve

araştırma süresi olan 6 aya göre daha fazla küresel tarama, kızılötesi tayf ölçümleri, X-ışını duyarlılığı ve nitelikli renkli rayometri için daha uygun aydınlanma koşulları yakalanması,

- 10.000 km²'de iken 3000 km²'de yeni bir yörüngeye giren aracın yalnızca güney kürenin değil, kuzey ve güney yarıkürelerin her ikisinin de yüksek çözünürlükte haritalarını çıkarma olanağı bulması,
- Yeni yörünge'nin daha dengeli olması nedeniyle daha az yakıt kullanımı,
- Çok duyarlı D-CIXS taramaları için özellikle Güneş etkinliğindeki yükselme nedeniyle artması beklenen parlamalar sayesinde Fe ve Mg, Si ve Al ve ek olarak da ender rastlanan kimyasal element-



lerin yüksek çözünürlükte haritalarının yapıma olasılığı.

- Topografi, fotometrik fonksiyon çalışması için çoklu-açı gözlemleri ve bunun için yöresel regolith metni üretmek için stereo ölçümleriyle ilgili ilgili çekici bölgeleri üzerinde ayrıntılı çalışmalar
- Geleceğin uluslararası uçuşlarının hazırlanmasında yardımcı olacak yüksek çözünürlükte mevsimsel aydınlanma haritaları, gelecekteki görevler için potansiyel iniş bölgelerinin haritasının çıkarılması, özellikle de Güneş Sistemi'nin bütününde bilinen en büyük çarpma krateri olan Güney Kutbu Aitken Havzası'nın incelenme olanağı. (Şekil 28)

SMART-1 verileri Ay'ın nasıl oluştuğu sorusuna bir cevap bulunmasının yanı sıra, öteki uluslararası Ay uçuşlarını olanaklı kılmakta, yeni kuşak robotik ve insanlı Ay uçuşlarının tasarlanmasına yardımcı olmakta. Ayrıca ESA/SMART-1 Uçuş Projesi, Avrupa'yı Ay'a dönme yarışında (şimdilik) öne çıkarmış bulunuyor. Hindistan kadar Japonya, Çin ve ABD'de önümüzdeki yıllarda aya uzay araçları göndermek niyetindedir. Çünkü görünen o ki, Ay biliminde daha yapılacak çok şey var.

Doç. Dr. Ayşegül Yılmaz
Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Fizik Bölümü