

Curiosity'nin Mars'ı Keşfi



ABD'ye ait Curiosity (Merak) adlı yeni nesil kâşif robotun 6 Ağustos'ta Mars yüzeyine inmesi bekleniyor. Kâşifin başlıca görevi -aynı kendinden önceki Spirit ve Opportunity gibi- Kızıl Gezegen'de milyarlarca yıl önce var olduğundan artık neredeyse emin olunan yaşama dair yeni ipuçları bulmak. ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi NASA tarafından geliştirilen bu yeni nesil kâşif robot, aynı zamanda NASA'nın şimdiye değin başka bir gezegene gönderdiği en gelişmiş robot. NASA'nın tek korkusu ise, bu görev sırasında aracın Mars'a inene ka-

dar uzayın derin boşluğunda kat edeceği milyonlarca kilometre yol değil, Curiosity'nin inişi sırasında yaşanacak son yedi dakika. Korku dolu bu son yedi dakikanın son aşamasında, ufak bir otomobil büyüklüğündeki Curiosity yeni geliştirilen bir vinç sistemi ile Mars yüzeyine indirilecek. Şimdi buyrun, yolculuğunun en son ama en önemli aşamasını kazasız belasız atlatmasını ümit ettiğimiz Curiosity'nin görevinin ne olduğunu, önünde duran engelleri ve teknik özelliklerini inceleyelim.



Mars Bilim Laboratuvarı (MSL)



Curiosity'yi uzaya taşıyan Atlas V 541 roketi



Seyir Aşaması Modülü

Hedefler

Dünyamızdan Mars'a olan yolculuğuna 26 Kasım 2011'de bir *Atlas V 541* roketi ile başlayan *Curiosity*'nin toplam 570 milyon km yol kat ederek 8 aydan biraz daha uzun sürecek bir yolculuktan sonra 6 Ağustos'ta Mars'a inmesi bekleniyor.

Mars yüzeyinde en az bir Mars yılı (687 Dünya günü) kalması planlanan *Curiosity*'nin başlıca bilimsel görevleri arasında Mars'ta daha önceden yaşam olduğuna dair kesin kanıtlar aramak da var. Mars kâşifi, bu kapsamda sahip olduğu 10 bilimsel cihazın yardımıyla Mars'ta özellikle yaşamın yapıtaşlarını oluşturan hidrojen, azot, oksijen, karbon, fosfor ve kürt gibi kimyasal elementlerin bulunup bulunmadığını, su ve karbondioksit dağılım oranını ve biyolojik süreçleri tetikleyebilecek organizmaların var olup olmadığını araştırarak, Mars'ta var olabilecek yaşam türlerini tespit etmeye çalışacak.

Bunların dışında *Curiosity*, Mars atmosferinin son dört milyar yılda hangi evrelerden geçtiğinin ve Mars yüzeyindeki kayaların hangi süreçler sonucunda ve nasıl oluştuğunun anlaşılmasına yardımcı olacak temel çalışmalar da yapacak.

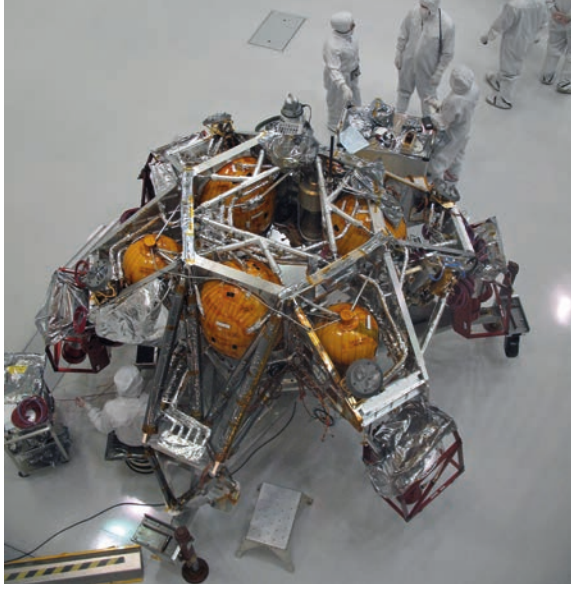
Mars Bilim Laboratuvarı

Curiosity Mars'a yolculuğunu Mars Bilim Laboratuvarı (*Mars Science Laboratory*, kısaca MSL) olarak adlandırılan ve toplam beş modülden oluşan bir kapsülün içinde yapıyor:

Seyir Aşaması Modülü (*MSL-The Cruise Stage*): Dört metre çapında, dört yüz kg ağırlığındaki bu *Seyir Aşaması Modülü*, Mars Bilim Laboratuvarının (MSL) Dünyadan Mars'a uçuşu sırasında yönetilmesini sağlıyor. Modülün içinde ayrıca iletişim ve sıcaklık ayarları için gerekli parçalar da var. MSL'nin Mars atmosferine girişi sırasında *Curiosity*'i Mars'a taşıyacak diğer tüm modüller ile iletişimin gerçekleştirilmesini sağlamak da bu modülün başlıca görevleri arasında. Modülde ayrıca MSL'nin uzaydaki seyri sırasında tam olarak hangi konumda bulunduğunun tespit edilmesini sağlayan bir Yıldız Algılayıcı ile iki Güneş Algılayıcı bulunuyor.

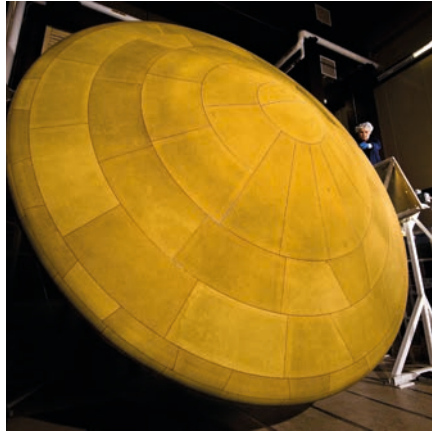
Kapsül Modülü (*MSL-Shell*): Lockheed Martin tarafından üretilen 731 kg ağırlığındaki bu *Kapsül Modülü* sayesinde *Curiosity*'nin İniş Aşaması Modülü ile Mars atmosferine girişi sırasında yaşanacak sarsıntılardan ve diğer olası tehlikelerden korunması planlanıyor. Kapsülün üst bölümünde Mars yüzeyine iniş sırasında erişilecek yüksek hızın frenlenmesinde kullanılmak üzere yerleştirilmiş bir para-





İniş Aşaması Modülü

şüt var (iniş sırasında açıldığında 16 m çapına ve 50 m boyuna erişecek olan bu paraşütte *Curiosity*'yi tutacak olan toplam 80 ip var). Ayrıca kapsülde aynı *Seyir Aşaması Modülü*'nde olduğu gibi, farklı yapılarda birçok anten ve gerek uzaydaki seyir sırasında gerekse Mars atmosferine girdiğinde modülün gerekli manevraları yapabilmesini sağlayacak 8 küçük motor ve dengeleyiciler de bulunuyor. Modülün alt bölümü ise aşağıda ayrıntılarını verdiğimiz bir ısı kalkanından oluşuyor.



Isı Kalkanı Modülü

İniş Aşaması Modülü (MSL-Descent): İniş Aşaması *Modülü*'nün Mars yüzeyinden yaklaşık 1800 m yükseklikte hareket geçmesi planlanıyor. Bu modüle entegre edilmiş toplam sekiz motorun görevi Mars yüze-

yine inişten önceki frenleme manevralarını gerçekleştirerek *Curiosity*'nin Mars yüzeyine yumuşak bir şekilde inmesini sağlamak. Modül TDS (*Terminal Descent Sensor*) olarak adlandırılan çok gelişmiş bir radar sistemine de sahip. Bu radarın görevi, iniş sırasında modülün Mars yüzeyine olan yüksekliğini ve alçalma hızını hesaplamak. Fakat modülün sahip olduğu en önemli asıl mekanizma *SkyCrane* olarak adlandırılan 1,2 tonluk bir sistem. Bu sistemin görevi, Mars yüzeyinden yaklaşık 15 m yükseklikte harekete geçerek *Curiosity*'i 8 m uzunluğundaki iplerin yardımıyla Mars yüzeyine güvenli bir şekilde indirmek. *Curiosity*'nin indirilmesi görevini tamamlayan modülün bundan sonraki görevi ise motorlarına son bir kez daha güç vererek iniş alanından yaklaşık 100 m ilerideki bir bölgeye inmek.

NASA tarafından geliştirilen ve ilk defa kullanılacak olan bu sistem, bugüne kadar *Spirit* ve *Opportunity*'nin inişlerinde kullanılan teknikten çok farklı, adeta devrim niteliği taşıyan bir tekniğe sahip. Bu yeni iniş tekniği sayesinde bugüne kadar yaşanan bazı problemlerin artık hemen hemen hiç yaşanmayacağı ve gelecekte diğer gezegenlere gönderilecek araçların bu şekilde en kayalık bölgelere bile çok güvenli bir şekilde indirilebileceği düşünülüyor.

Araç Modülü (MSL-Rover Curiosity): Bu modülde tüm misyonun ana kahramanı olan *Curiosity* bulunuyor. *Curiosity* görev süresince gerekli olacak tüm bilimsel cihazları ve önemli iletişim sistemlerini barındırıyor. Kendisi de -Mars'a uçuş sırasında daha az yer kaplaması için- *Araç Modülü*'nün içinde katlanmış bir şekilde yer alıyor.

Isı Kalkanı Modülü (MSL-Heat Shield): Yukarıda da belirtildiği gibi *Isı Kalkanı Modülü*, *Kapsül Modülü*'nün alt bölümünü oluşturuyor. Adından da anlaşılacağı gibi bu modülün ana görevi Mars atmosferine giriş sırasında MSL'yi yaklaşık 2000°C'ye varan sıcaklıklardan korumak. Toplam yedi Basınç ve Sıcaklık Algılayıcısı olan 4,5 metre çapındaki bu *Isı Kalkanı*, bugüne kadar NASA tarafından uzay çalışmalarını kapsamında geliştirilmiş en büyük ve gelişmiş ısı kalkanı.

Curiosity'nin Teknik Özellikleri

Kendinden önceki Mars kâşifleri *Spirit* ve *Opportunity* ile karşılaştırıldığında daha fazla bilimsel araştırma cihazına ve hareket yeteneğine sahip olan *Curiosity* başka teknik yönlerden de onlardan çok daha üstün bir yapıda.

Enerji Üretimi: *Curiosity*'nin getirdiği en önemli yeniliklerden biri de Mars yüzeyinde hareket etmek ve çalışma yapmak için gereken enerjinin üretilmesi için kullanılan yöntem. Kendinden önceki araçlardan farklı olarak güneş panellerinden sağlanacak enerjiyle değil de radyoaktif plütonyumun parçalanması sonucu ortaya çıkacak ısının elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle çalışacak olan *Curiosity*, bu amaç için ABD Enerji Bakanlığı tarafından özel olarak geliştirilmiş MMRTG (*Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator*, kısaca MMRTG) adlı bir jeneratör kullanıyor. Jeneratör ısıyı güvenilir şekilde elektrığe çeviren bir nükleer pilden oluşuyor. MMRTG, kendi içinde iki ana bölüme ayrılıyor: Birinci bölümde hammaddesi plütonyum-238 dioksit olan bir ısı kaynağı var. İkinci bölüm, plütonyumdaki ısı enerjisini elektrik enerjisine çevirmekle görevli. (MMRTG'de kullanılan plütonyum silah yapımında kullanılan plütonyumdan farklı olduğu için, bir patlama olması ve dolayısıyla *Curiosity*'nin hasar görmesi olasılığı yok. Ayrıca yine NASA tarafından bildirildiğine göre aracın bir kaza yapması ve bu bölümün zarar görmesi durumunda radyoaktif sızıntı olasılığı sadece % 0,4.)

Enerji üretiminde kullanılacak bu yeni yöntem hayli yenilikçi ve güvenilir olmasının yanı sıra önceki nesil araçlarda kullanılan güneş panellerine oranla araçta çok daha az yer kaplıyor ve böylece aracın daha fazla bilimsel cihaz taşımaya imkân veriyor.

Bu yeni teknoloji *Curiosity*'ye geceleri ve Güneş'in ufukta hemen hemen hiç görünmediği koyu Mars kışlarında da hareket etme yeteneği sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda aracın iç aksamının Mars soğuklarından korunması için gereken enerjinin kesintisiz olarak sağlanmasını da

mümkün kılacak. Bu özellik -55°C'yi bulan Mars soğuklarında bile *Curiosity*'nin görevlerini gerçekleştirilebilmesi açısından çok önemli bir faktör. (MMRTG aracın hemen arka bölümünde yer alıyor.)

Elektronik Donanım: *Curiosity*'de RCE (*Rover Computer Element*) olarak adlandırılan toplam iki bilgisayar var. Sistem, görev sırasında aynı anda bu iki bilgisayardan sadece biri aktif olarak çalışacak şekilde programlanmış (bilgisayarlardan birinin arızalanması durumunda yedekteki bilgisayar devreye girerek görevin tüm sorumluluğunu devralacak).

Her bir bilgisayarın ana beyni, *PowerPC 750* mimarisine ve 200 MHz işlem gücüne sahip bir BAE RAD 750 mikro işlemciden oluşuyor. Tıpkı daha önceki görevlerde olduğu gibi bu görev için özel olarak hazırlanmış bu mikro işlemci türü, donanımlar için zararlı olabilecek uzaydaki her türlü ışına karşı özel olarak kaplanmış. Her bir RCE'de aynı zamanda 2 GB kapasiteli bir sabit disk var (*Spirit* ve *Opportunity*'nin sahip olduğunun yaklaşık sekiz katı). Bunun yanı sıra her bir sistem 256 MB büyüklüğünde bir RAM ile 256 kByte kapasitesinde bir EPROM'a sahip. Tüm bilgisayar sistemi özellikle -55°C ile +125°C arasında sorunsuz çalışacak şekilde tasarlanmış.

Yazılım: Programlama dili C Mars'ta!:

Kolaylıkla tahmin edileceği gibi *Curiosity*'ye gerçekten hayat veren esas faktör yukarıda anlatılan donanım unsurları değil, aksine kendisine "bilinç" veren otonom bir yazılım. *Curiosity* son derece bağımsız bir şekilde hareket edebilen, otonom bir yazılım ile hayat buluyor. Söz konusu yazılımın geliştirildiği programlama dili ise hemen hemen her yerde karşımıza çıkan efesanevi programlama dili C (bkz. "Efsane Programlama Dili: C", *Bilim ve Teknik*, s. 62-64, Mart 2012). *Curiosity*'ye hayat veren bu yazılım toplam 2,5 milyon satırlık bir C-kodundan oluşuyor.

Dünya ile iletişimin sağlanması: *Curiosity*'de, Dünyadaki merkez istasyon ile iletişim kurmak için birbirinden bağımsız toplam iki iletişim kanalı var. Bunlardan birincisinin (*High Gain Antenna*, HGA) görevi Dünyadan gelen komutları almak ve *Curiosity*'nin durumuna ait bilgileri Dünya'ya göndermek. İkincisinin (*Rover UHF Antenna*, RUHF) görevi sadece yüksek hacimli bilimsel bilgilerin Dünya'ya ulaşmasını sağlamak. Araçta ayrıca RLGA (*Rover Low Gain Antenna*, RLGA) olarak adlandırılan bir anten daha var. Bu antenin görevi ise HGA-Anteni'nin çalışmadığı durumlarda devreye girerek söz konusu antenin görevini yerine getirmek.

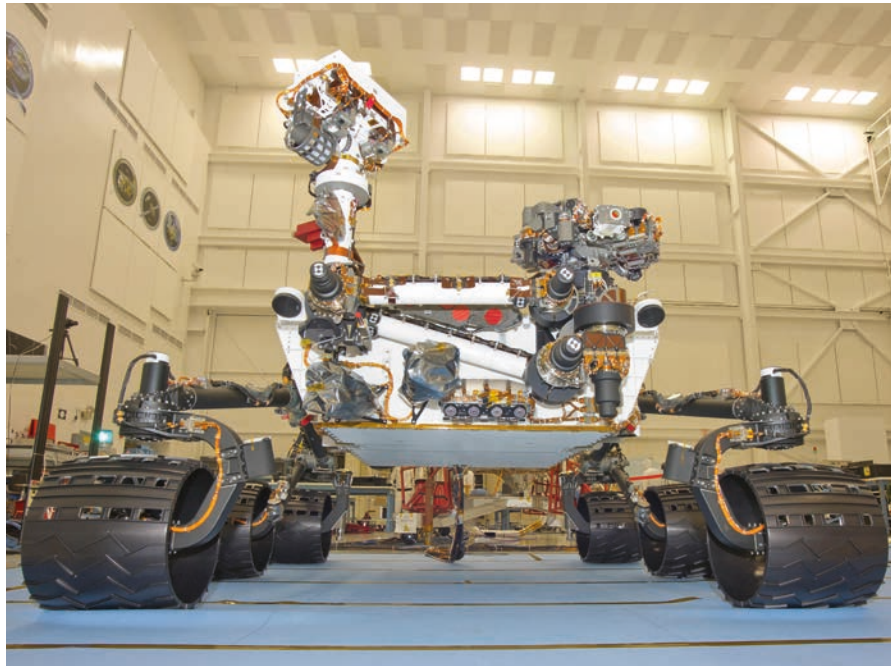
Üç anten de aracın arka tarafına yerleştirilmiş (bkz. RUHF-Anteni, RLGA-Anteni ve HGA-Anteni).

Motor gücü: *Curiosity*, her biri 51 cm çapında toplam dört alüminyum tekerlek sayesinde hareket edecek. Bu tekerleklerin her birinin 90°lik açı ile dönme yeteneğine sahip olması araca kendi etrafında kolaylıkla 360° dönme yeteneği kazandırıyor. *Curiosity* güçlü motoru sayesinde kumarsal olarak saniyede 4 cm hızla ilerleme yeteneğine sahip, fakat NASA yetkilileri özellikle de araç Mars yüzeyinde seyir halindeyken gereksiz hiçbir riske girmek istemediğinden, aracın normal şartlar altındaki hızının saniyede 0,15 ile 0,45 cm arasında olacağı tahmin ediliyor, bu da aracın günde 100 m ile 300 m mesafe kat edeceği anlamına geliyor.

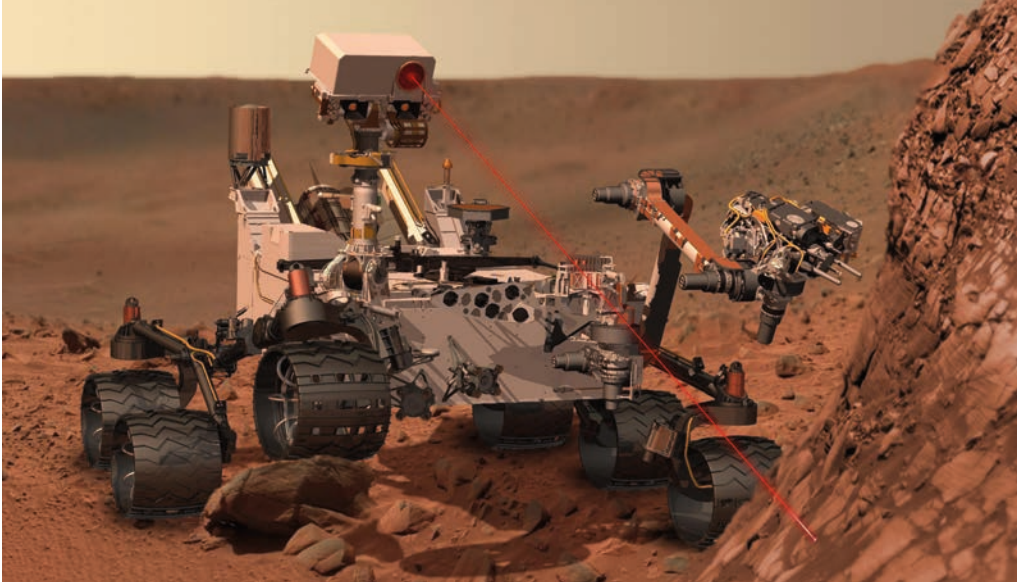
Curiosity güçlü motoru sayesinde 45° eğimli arazide ilerleyebilecek, 75 cm yüksekliğindeki engelleri aşabilecek kapasitede. Fakat yukarıda da belirttiğimiz gibi *Curiosity* yüksek derecede otonom bir yazılım ile çalışıyor ve normal şartlar altında 30°den daha eğimli arazilere girmeyecek şekilde hareket ediyor. Bu özellik aracın Mars yüzeyindeki görevlerini daha güvenilir ve hızlı bir şekilde yerine getirmesini de sağlayacak, çünkü *Curiosity*'nin NASA'ya soracağı bir sorunun cevabının gelmesi için 40 dakika beklemesi gerekiyor.

Robotik Kol: *Curiosity*'nin Mars yüzeyinde yapacağı analizlerin en önemli parçası, 2 metre uzunluğundaki bir robotik kol. Bu robotik kolun ana görevi *Curiosity* tarafından analiz edilmesi planlanan örnekleri Mars yüzeyinden toplayarak aracın içindeki ilgili analiz birimine aktarmak. Tıpkı bir insan kolu gibi yani mümkün olduğunca rahat hareket edebilmesi için eklemlerle tasarlanan bu kol, üzerine düşen farklı görevleri kolaylıkla yerine getirebilmesi için matkap, kepçe, fırça ve elek gibi aletlerle de donatılmış.

Bilimsel Ekipman: MastCam (*Mast Camera*): Bu kamera yüksek çözünürlükte iki kameradan oluşuyor. *Curiosity*'nin "kafa" bölümünde yer alan MastCam'ın görevi yüzeyin topolojisini ve atmosferi incelemek.



Araç Modülü



Araç Modülü ChemCam'i kullanırken

NavCam (Navigation Cameras): Bir çift yüksek çözünürlükte siyah-beyaz kameralardan oluşan NavCam'in görevi adından da anlaşılacağı gibi çektiği üç boyutlu görüntüler sayesinde *Curiosity*'nin "önünü görmesini" sağlamak (navigasyon ve oryantasyon). Aynı MastCam gibi NavCam de *Curiosity*'nin "kafa" bölümünde yer alıyor.

HazCam (Hazard Avoidance Cameras): En önemli görevlerden biri de Mars yüzeyindeki olası tehlikelerin mümkün olduğunca önceden sezilmesi. Bu amaçla *Curiosity*'nin alt bölümüne Hazcam adı verilen yüksek çözünürlükte iki çift siyah-beyaz kamera yerleştirilmiş. Kameralar hep birlikte çalıştığında çok geniş bir alanı üç boyutlu olarak görüntüleyebiliyor ve böylece dört metre uzaklıktaki fiziksel tehlikeleri bile kolaylıkla tespit edebiliyorlar.



ChemCam (Chemistry & Camera):

Spektrometre, lazer ve özel bir kameralardan oluşan ChemCam cihazının görevi Mars yüzeyindeki kayaları ve çakıl taşlarını analiz etmek. Cihaz bu görevi yedi metrelik bir mesafeden bile gerçekleştirebilecek şekilde tasarlanmıştır. ChemCam de *Curiosity*'nin "kafa" bölümünde yer alıyor.

CheMin (Chemistry and Mineralogy):

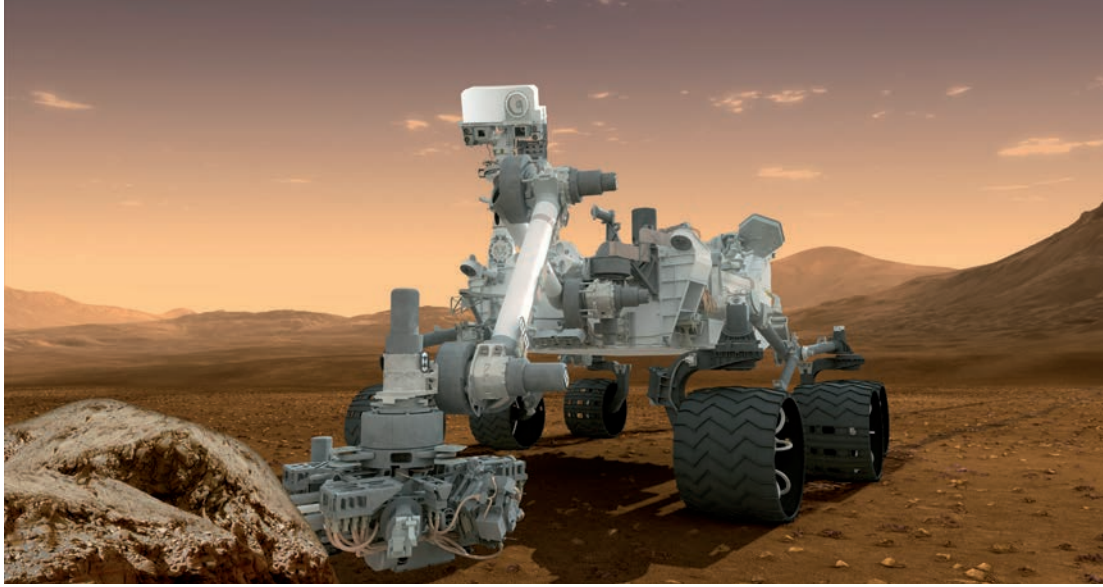
CheMin *Curiosity*'nin robotik kolunun Mars yüzeyinden toz haline getirerek toplayacağı kaya parçacıklarını ve toprak örneklerini inceleyecek olan iki analiz laboratuvarından biri. Görevi robotik kolun ileteceği örneklerin mineral yapısını analiz etmek. (Mineraller, bulundukları bölgedeki enerji kaynakları da dâhil olmak üzere geçmişteki yaşam şartlarına dair çok önemli ipuçları taşır). CheMin, *Curiosity*'nin sağ orta bölümünde yer alıyor.

SAM (Sample Analysis at Mars): *Curiosity*'nin sahip olduğu en önemli bilimsel cihazlardan biri. Üç analiz sisteminden oluşan SAM'in görevi, Mars yüzeyinden alınacak toprak ve kaya örneklerinin ve Mars atmosferindeki gazların incelenmesinden yola çıkarak, Mars'ın geçmişte ve gelecekte yaşam için uygun bir yer olup olmadığının ortaya çıkarılmasıdır. SAM, *Curiosity*'nin iç kısımlarına yerleştirilmiştir. Aynı CheMin gibi SAM de *Curiosity*'nin sağ orta tarafında yer alır.

REMS (Rover Environmental Monitoring Station): REMS *Curiosity*'nin genel amaçlı meteoroloji istasyonudur. Ana görevi Mars'taki günlük ve mevsimlik değişimleri kaydetmek olan REMS'in Mars'ta esen rüzgârların hızı ve yönü, hava ve yüzey sıcaklığı, atmosferdeki nem oranı ve hava basıncı gibi değişkenleri periyodik olarak ölçüp kaydetmesi planlanıyor. REMS *Curiosity*'nin "boyun" bölümüne yerleştirilmiştir.

RAD (Radiation Assessment Detector): Dünyamızın sahip olduğu manyetik alan ve atmosfer, gezegenimizi uzaydan gelen öldürücü radyoaktif ışınlardan korur. Fakat Mars'ta hem küresel ölçekte bir manyetik alan olmaması hem de bu gezegenin atmosferinin ince olması, yüzeyde yüksek miktarda radyasyon bulunabileceği kanısını güçlendiriyor. RAD'ın görevi de Mars yüzeyindeki radyasyon seviyesini ölçmek ve ölçülen miktarın özellikle insanlar için öldürücü olup olmadığını tespit etmektir. Bu ölçümlerden yola çıkarak varılacak sonuç, özellikle gelecekte Mars'a yapılacak insanlı uçuşlar açısından çok önemlidir, ayrıca bize Kızıl Gezegen'de geçmişte yaşam olup olmadığına dair önemli ipuçları verecektir. Radyasyon ölçüm cihazı RAD aracın sağ üst kısmındadır.

MARDI (Mars Descent Imager): Yüksek çözünürlüklü bir video kamera olan MARDI'nin görevi *Curiosity*'nin Mars yüzeyine iniş aşamasının en son kısmında (4 km ve altında) etkinleşerek, inilecek bölgenin videosunu ve fotoğraflarını çekmektir. Kamera, *Curiosity*'nin sağ ön tarafındadır.



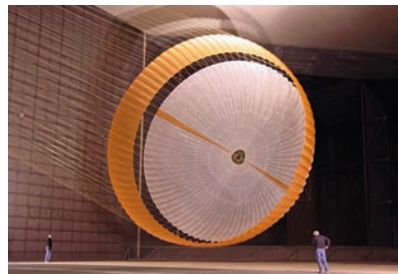
MAHLI (*Mars Hand Lens Imager*): Robotik kolun en ucunda bulunan MAHLI, yüksek çözünürlüklü, renkli bir kameradır; bir çeşit mikroskop olarak da düşünülebilir. MAHLI'nin görevi *Curiosity*'nin karşılaştığı çok küçük maddeleri incelemektir.

APXS (*Alpha Particle X-Ray Spectrometer*): Robotik kolun üzerinde bulunan APXS'in görevi Mars yüzeyindeki kayaların ve toprağın kimyasal yapısını ve bunların hangi süreçler sonucunda oluştuğunu tespit etmektir. APXS özellikle sodyum, magnezyum, alüminyum, silisyum, kalsiyum, demir ve kükürdün varlığına hayli duyarlıdır. APXS, *Curiosity*'nin ön orta tarafına yerleştirilmiştir.

DAN (*Dynamic Albedo of Neutrons*): *Curiosity*'nin arka kısmında bulunan bu cihazın görevi ise aracın gittiği yerlerde su, buz veya hidrojen olup olmadığını tespit etmek. Yüzeyin bir metre altına kadar ölçüm yapabilen bu cihaz, su aradığı bölgede hidrojen, buz veya su bulunup bulunmadığını nötron bombardımanı ile tespit etmektedir.

Gale Krateri: *Curiosity*'nin gelecekteki "evi": Yukarıda da belirtildiği gibi *Curiosity*'nin 6 Ağustos'ta Mars'a inmesi bekleniyor. İniş bölgesi olarak seçilen Gale Krateri yıllarca süren çalışmaların ardından 100 bilim insanı tarafından, 30 aday bölge arasından seçilmiş. Adını Avustralyalı astronom Walter F. Gale'den alan 154 km çapındaki ve etrafı yüksek dağlarla çevrili bu kraterin en önemli özelliği Mars yüzeyine göre alçak bir alanda bulunması. Su, yüksek bölgelerden alçak bölgelere doğru aktığından, bilim insanları bu krater bölgesinin geçmişte Mars'ta su bulunup bulunmadığına dair kesin kanıtlar sunacağını düşünüyor. *Curiosity* Mars yüzeyinde bir Mars yılı

(yaklaşık iki Dünya yılı) sürecektir. Bu görevi sırasında, aynı *Spirit* ve *Opportunity* gibi NASA'nın ünlü "suyu takip et" prensibini izleyerek, bir yandan gezegende su olduğunu ispat etmeye diğer yandan da Mars'ın yüzeyi ve atmosferi ile ilgili toplayabildiği kadar bilgi toplamaya çalışacak. *Curiosity*'nin öncü niteliğindeki bu görevi yakın gelecekte Mars'a yapılması planlanan insanlı uçuşlar açısından da hayati önem taşıyor. *Curiosity*'nin 6 Ağustos'ta Mars'a inişi sırasında tüm Dünya'ya yaşatacağı heyecan dolu 7 dakika'nın ardından Mars yüzeyine sağ salım ineceğini ümit ediyoruz. Önümüzdeki aylarda *Curiosity*'nin Mars'tan Dünya'ya göndereceği birbirinden ilginç haberlerde buluşmak üzere.



Kapsülün Mars yüzeyine inişi sırasında erişilecek yüksek hızın frenlenmesinde kullanılacak paraşüt

Kaynaklar
NASA (The National Aeronautics and Space Administration), "Mars Science Laboratory Launch", Basın Duyurusu, Kasım 2011.
Jet Propulsion Laboratory (JPL), California Institute of Technology, "Mars Science Laboratory: Mission", <http://marsprogram.jpl.nasa.gov/msl/mission/>
Makovsky, A., Iltott, P. ve Taylor, J., "Mars Science Laboratory Telecommunications System Design", JPL, Kasım 2009.
Brugarolas, P., San Martin, M. ve Wong, E., "The RCS attitude controller for the exo-atmospheric and guided entry phases of the Mars Science Laboratory", JPL, 2010.
Jet Propulsion Laboratory (JPL), "Mars Science Laboratory Parachute Qualification Testing", <http://marsprogram.jpl.nasa.gov/msl/news/>
U.S. Department of Energy, "Space Radioisotope Power Systems - Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator (MMRTG)", Eylül 2006.

Ritz, F., Craig E., "Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator (MMRTG) Program Overview", Boeing Company, JPL, 2011.
Space Daily, "Boeing To Build Space-borne Power Generator", http://www.spacedaily.com/reports/Boeing_To_Build_Spaceborne_Power_Generator.html
Leitenberger B., "Die Radioisotopenanlage an Bord von Raumsonden", <http://www.bernd-leitenberger.de/cassini-rtg.shtml>
BAE Systems, "RAD750 radiation-hardened PowerPC microprocessor", <http://www.baesystems.com/>
Bajracharya, M., Maimone, M. ve Helmic, D., "Autonomy for Mars Rovers: Past, Present, and Future", JPL
Havelund, K., Groce, A., Smith, M., Barringer, H., "Monitoring the Execution of Space Craft Flight Software", JPL, 2009.
Yalen, W., "Advanced Lithium-Ion Battery Applications & Materials Considerations", Yardney Technical Products, Inc., 19 Haziran 2009



Börtçin Ege, Viyana Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nü bitirdikten sonra, yüksek lisans öğrenimini de 2005 yılında yine Viyana Teknik Üniversitesi'nde tamamladı. Yüksek lisans çalışması kapsamında Siemens-Almanya için birbiriyle bilgi alışverişinde bulunabilen iki ilişkisel veritabanı modelleyerek programladı. Şu anda Hacettepe Üniversitesi'nde semantik web üzerine doktora öğrenimi görüyor. Ayrıca çeşitli firma ve kurumlara semantik web teknolojileri konusunda danışmanlık yapıyor.