

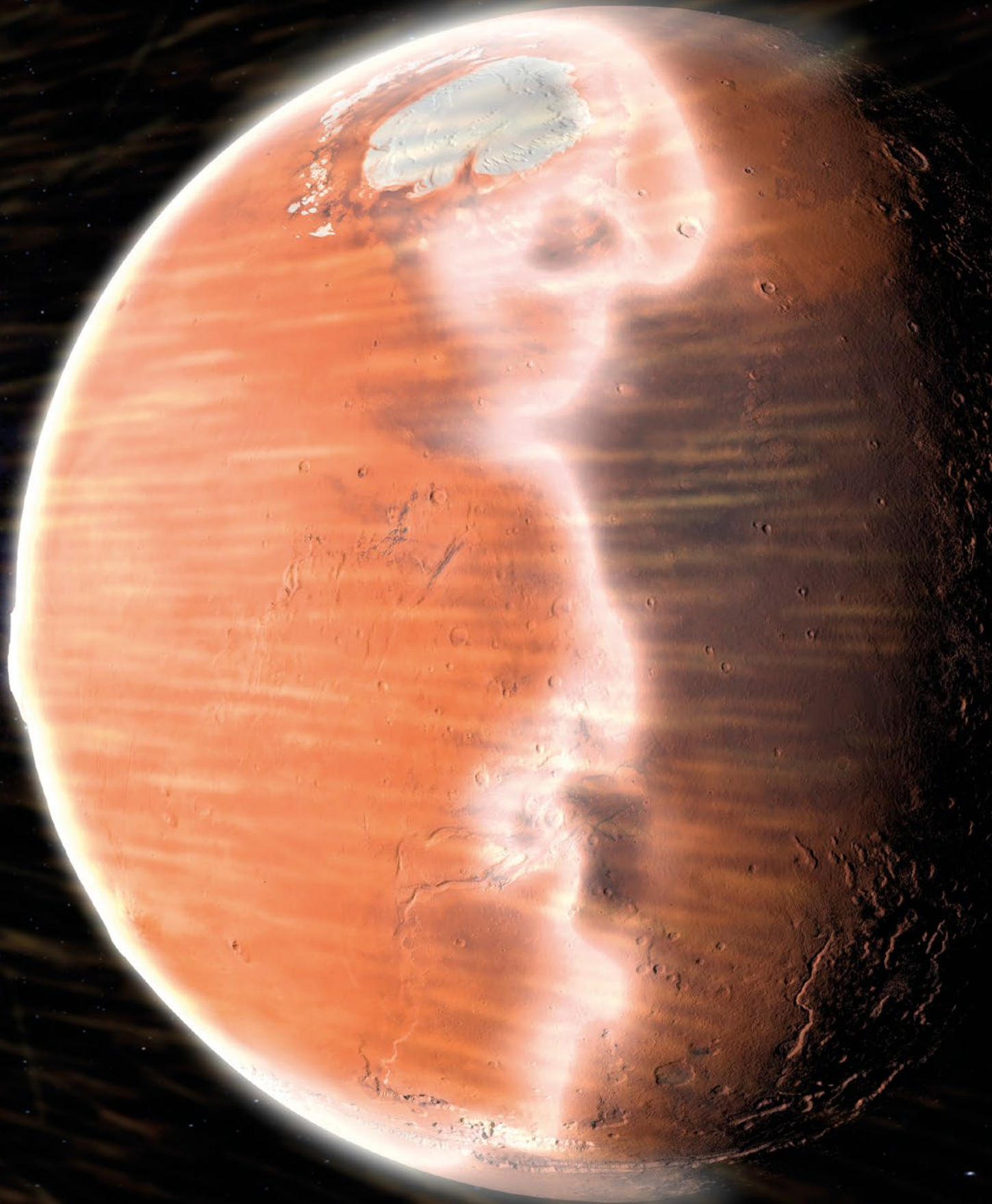
Gezegenerin Manyetik Alanları:

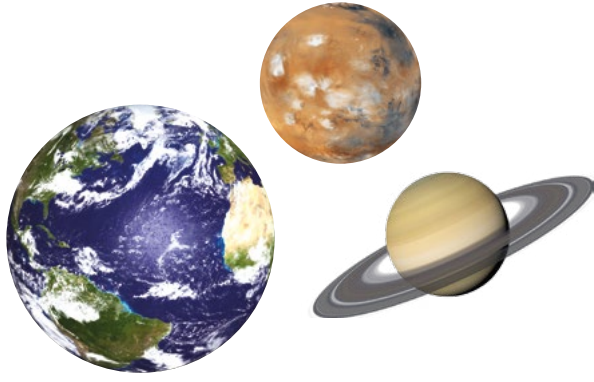
Mars'ın Manyetik Alanı Nasıl Yok Oldu?

**Yapay Manyetik Kalkan
Mars'ı Yeşile Dönüştürür mü?**

Prof. Dr. Faruk SOYDUGAN [Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Bölümü, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Gözlemevi

Manyetik alan hem Dünya'da yaşamın oluşmasında ve devam etmesinde rol oynuyor hem de var olduğu gezegenlerin atmosferlerinin korunması için sürekli nöbette. Gezegenlerde manyetik alanın etkisini anlamaya çalışan insanlık, olası yeni yaşam alanlarından biri olabileceğini düşündüğü Mars'ı yapay manyetik alan oluşturarak "yeşil" gezegene dönüştürmenin yollarını arıyor.





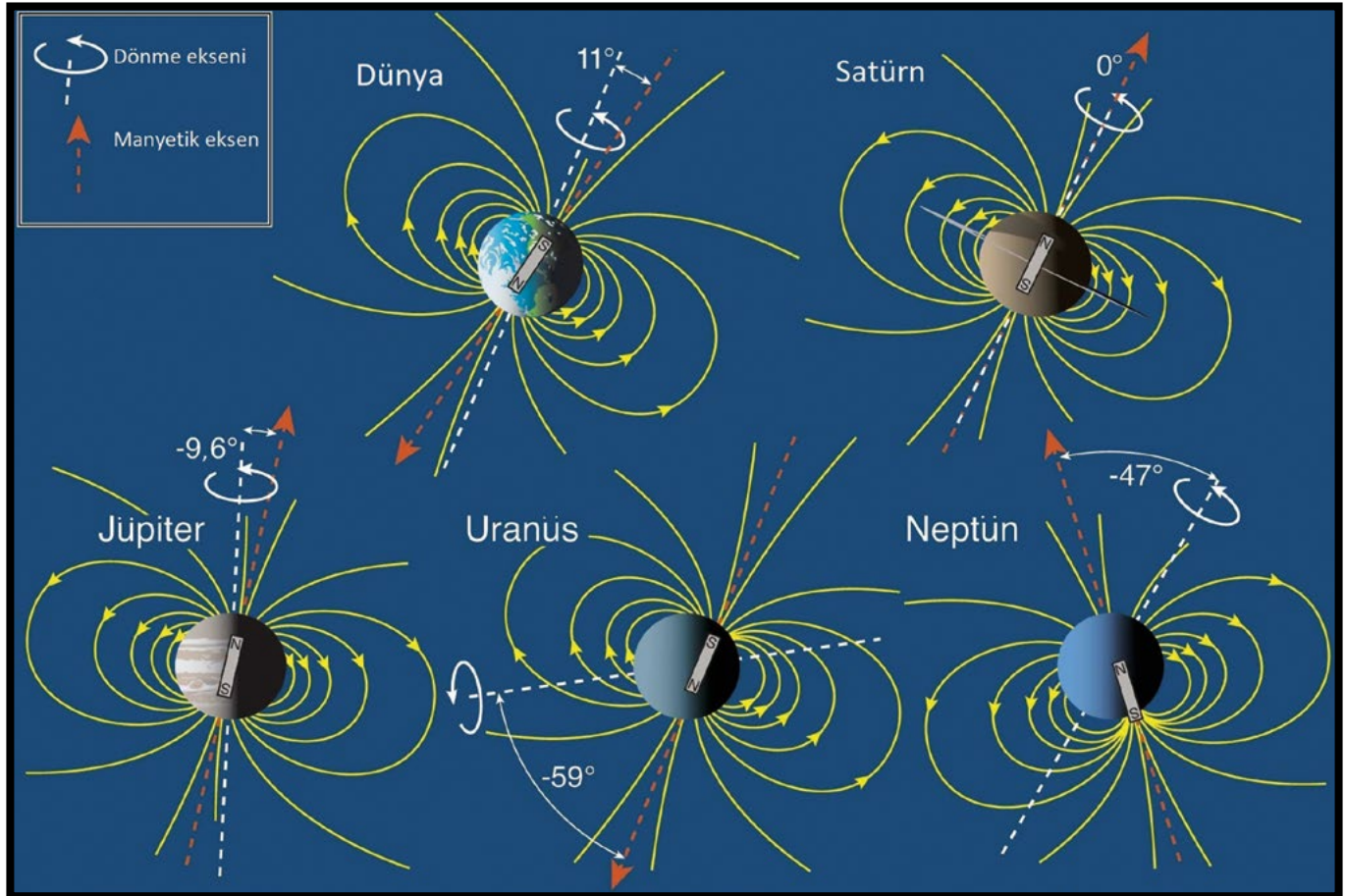
Yaklaşık 4 milyar yıl önce küresel bir manyetik alanın var olabileceği düşünülen Mars'ın manyetik alanına ne oldu? Bu sorunun cevabını aramadan önce Güneş Sistemimizdeki gezegenlerin manyetik alanlarına göz atalım.

Güneş Sistemi içindeki gezegenlerin bazılarında iki kutuplu küresel bir manyetik alan bir kalkan oluşturacak şekilde onları sararken bazılarında ise çok düşük şiddette ölçülüyor, bazılarının da yüzeyinde zayıf yerel manyetik alan bölgeleri bulunuyor.

Gezegenlerin manyetik alanları, iç bölgelerindeki kimyasal element bolluğu ve dinamik özelliklerle açıklanıyor. Manyetik alan nasıl oluştu sorusuna cevap vermek için manyetik dinamonun nasıl ortaya çıktığına ve çalıştığına bakmalıyız. Dinamonun manyetik alan üretmesi için öncelikle gezegenin içinde, özellikle merkez bölgelerinde, elektriksel iletkenliği olan bir akışkan (örneğin demir, metalik hidrojen) olması gerekir. Bundan başka, konvektif hareketleri ortaya çıkarıp sürdürecektir bir enerji kaynağı ve dönme hareketine ihtiyaç var. Gezegenlerin tümü döndüğü için bazı gezegenlerde manyetik alanın çok zayıf olması veya ölçülememesi, çekirdek bölgesinde iletken bir akışkanın eksik olmasına veya konveksiyonu sürdürecektir enerji kaynağının yetersiz olmasına bağlanabilir.

Güneş Sistemi'ndeki küresel manyetik alanları ölçülen gezegenlerin manyetik alan geometrileri

<http://lasp.colorado.edu/home/mop/resources/graphics/graphics/>





İsveç üzerinde gözlenen
kutup ışıkları

<https://apod.nasa.gov/apod/ap150330.html>

Kayaç Gezegenlerde Manyetik Alan

Venüs dışındaki tüm gezegenlerin şimdi veya geçmişte, dinamo ile açıklanabilecek küresel iki kutuplu manyetik alana sahip olduğuna ilişkin kanıtlar var.

Kayaç gezegenlerden Merkür'ün manyetik alan şiddetinin Dünya'nınkinin sadece %1'i kadar olduğu biliniyor. Merkezdeki demirce zengin erimiş metal iletkenin neden olduğu manyetik alan, sakin Güneş evresinde Güneş rüzgârına kısmen kalkan oluşturabilirken manyetik etkinliğin şiddetli olduğu evrelerde yüksek enerjili parçacıklar Merkür'ün yüzeyine ulaşabiliyor.

Venüs'ün merkez kısımlarının Dünya'ya benzemesine karşın, bu gezegende iki kutuplu bir manyetik alana rastlanmıyor. Gezegenin ilk olduğu zamanlarda küresel bir manyetik alanının olduğu düşünülse de, iç kısımlarda konveksiyonun sürdürülememesi ve yavaş dönme (243 gün dönemli), dinamo mekanizması için gereken şartların sağlanmadığı anlamına gelir. Buna karşın Venüs'ün dış atmosferinin Güneş rüzgârı ile etkileşmesiyle ortaya çıkan akımların, çok zayıf da olsa bir manyetik alan oluşturduğuna ilişkin ölçümler var.

Gezegeneğimiz Dünya, Jüpiter'den sonra en büyük manyetik alan şiddetine sahip. Ekvator bölgesinde şiddeti yaklaşık 30.000 nT olarak ölçülen manyetik alanın, yaklaşık 3,5 milyar yıldır var olduğu ve önemli değişimler geçirmediği düşünülüyor. Akışkan demir bakımından zengin merkez yakınındaki bölgenin ürettiği elektrik akımları, dinamonun çalışması için gereken en temel unsurlardan biri. İki kutuplu ve yeterince güçlü manyetik alanı olan Dünya'nın ve diğer gezegenlerin, Güneş'ten gelen yüksek enerjili yüklü parçacıklara karşı bir manyetik kalkan görevi yapan manyetosferi var. Güneş rüzgârının biçimlendirdiği bu yapı, aynı zamanda parçacıkların bir bölümünü ısıtım kuşaklarında tuzaklıyor. Kutup ışıkları olarak bilinen görsel şölen, bu parçacıkların atmosfere ancak kutuptan veya yakınındaki enlemlerden girebildiğini gösteriyor. Bu durum yaşamın oluşması, sürdürülmesi ve gezegenlerin atmosfer yapılarının korunmasında manyetik alanın önemini ortaya koyuyor.

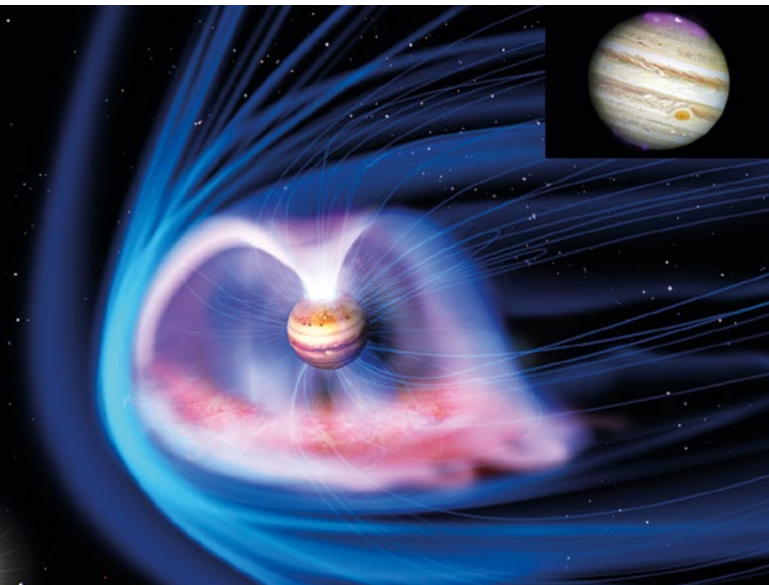
Diğer kayaç gezegen Mars'ın manyetik alanına daha ayrıntılı olarak gaz gezegenlerden sonra bakalım.

Gaz Gezegenlerin Manyetik Alanları

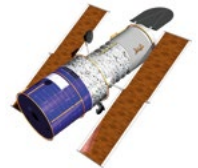
Manyetik alanı en şiddetli (yaklaşık 400 bin nT) olan gaz gezegen Jüpiter'in manyetik eksenini ile dönme eksenini arasında (Dünya'ya benzer olarak) yaklaşık 10 derecelik bir açı vardır. Jüpiter'in kayaç gezegenlerden farkı, manyetik alan kaynağının iç kısmının önemli bölümünü kaplayan sıvı metalik hidrojen olmasıdır. Gezegenin iç kısmının büyük bölümünde konvektif hareketler de devam eder. Bu özelliklere Jüpiter'in hızlı dönmesi de (yaklaşık 10 saat dönmeli) eklendiğinde manyetik alanının şiddetli olması kaçınılmazdır. Jüpiter'de gözlenen güçlü kutup ışıkları da şiddetli iki kutuplu manyetik alana sahip olduğunu gösteren olaylardır. NASA tarafından Jüpiter'in oluşum ve gelişimini anlamak üzere gönderilen ve halen çalışmaya devam eden Juno adlı uydunun önemli görevlerinden biri de gezegenin manyetik alanı ve manyetosferi ile ilgili veri üretmektir. İlk sonuçlar Jüpiter'in manyetik alanının bilinenden daha güçlü ve karmaşık olduğunu, yüzeyinde manyetik alanın şiddetli olduğu bölgeler bulunduğunu ortaya koyuyor. Juno verileri kullanılarak oluşturulan ve Jüpiter manyetik alan yoğunlaşmalarını gösteren bir video <https://youtube/LPvfeOiKbm8> adresinde izlenebilir.

Jüpiter'in manyetik alanı ve Güneş rüzgârı ile etkileşimi

<http://lasp.colorado.edu/home/mop/resources/graphics/graphics/>

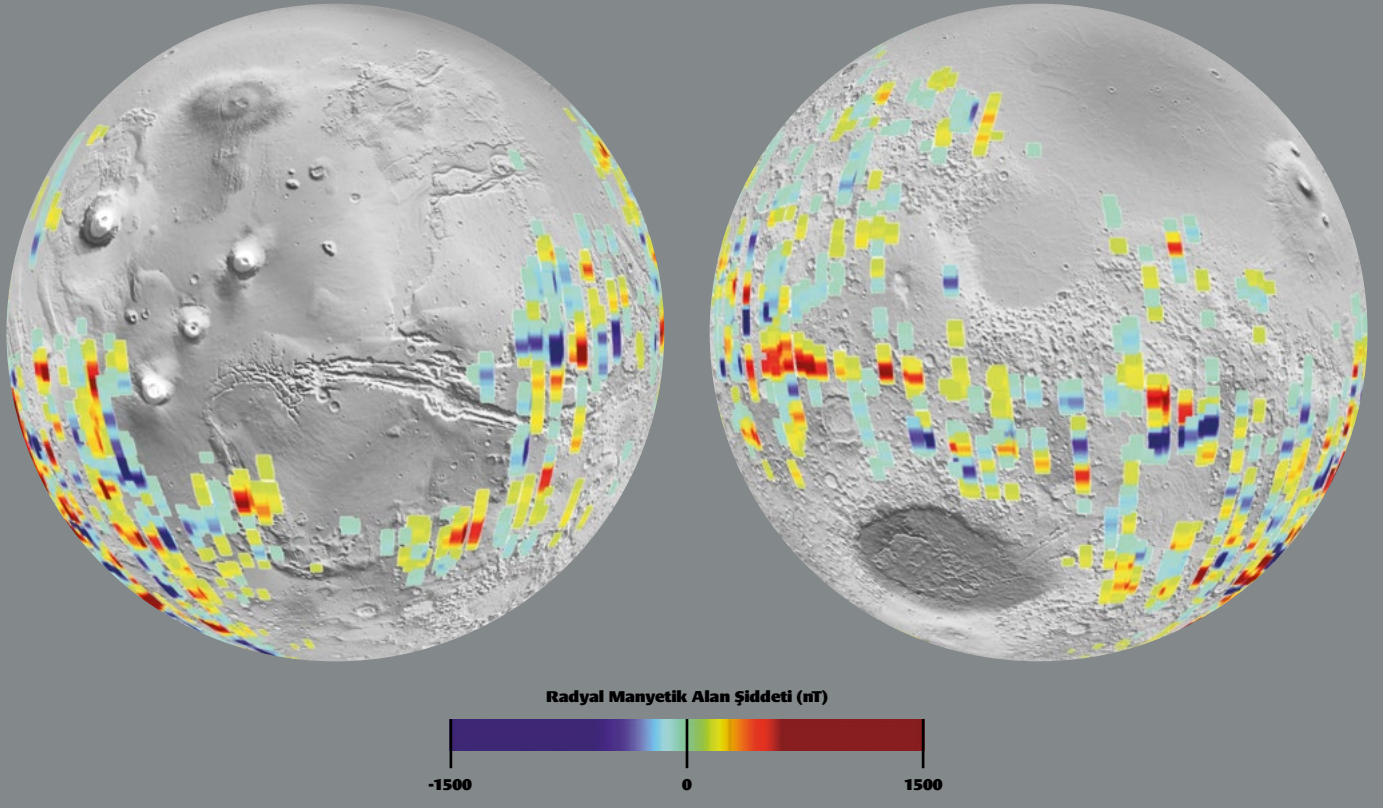


Satürn'de kutup ışıkları
ESA/Hubble



Merkez bölgesindeki metalik hidrojen Jüpiter'de olduğu kadar geniş bir alana yayılmadığı için Satürn'ün manyetik alan şiddeti daha düşüktür. Yüzey manyetik alan şiddeti, Dünya'nın manyetik alan şiddeti ile karşılaştırılabilir büyüklüktedir. İki kutuplu manyetik alanı olan gezegenlerden farklı olarak Satürn'ün dönme eksenini ve manyetik eksenini neredeyse çakışmıştır.

Uranüs ve Neptün manyetik kutuplarının ekvatora yakın olması ve çok kutuplu manyetik alan açıklamaları bakımından farklılık gösterir. Her iki gezegenin de manyetik alan şiddeti yaklaşık 20 bin nT civarındadır. Diğer gezegenlerden farklı olarak, manyetik alan kaynaklarının iç kısımlarındaki iyonik okyanuslardan oluşan, yeterince sıcak, yoğun, akışkan ve elektriksel iletken bir manto katmanı olabileceği düşünülüyor.



Mars'ın yüzeyinde ölçülen
artık yerel manyetik alan bölgelerinin
dağılımı ve şiddetleri

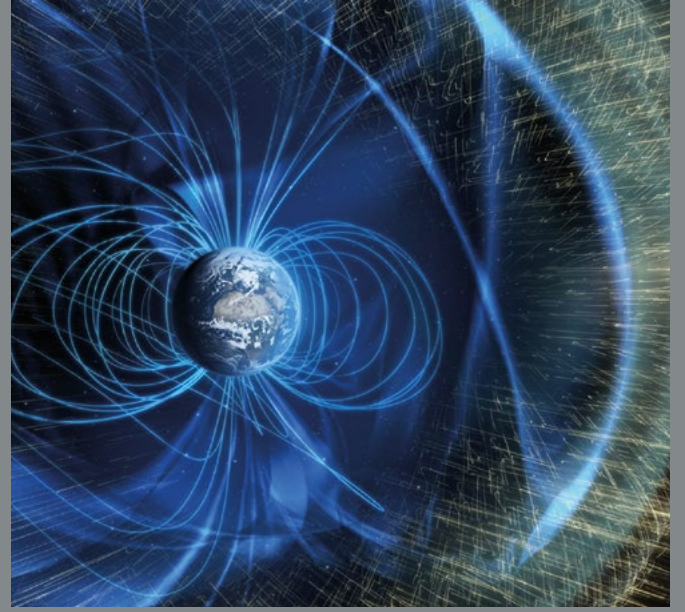
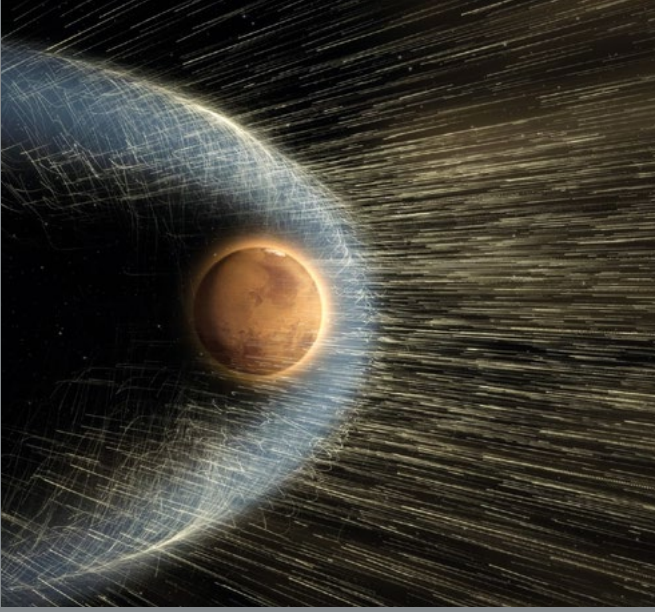
NASA

Mars'ın Manyetik Alanını Su mu Yok Etti?

Son yıllarda, Mars'la ilgili araştırmalar bizleri heyecanlandıracak kadar hızlandı. Koloni kurma projelerinin konuşulduğu son dönemde, araştırmalarda dikkate alınması gereken önemli noktalardan biri de Mars'ın neredeyse yok diyebileceğimiz küresel manyetik alanıdır. Peki, Mars'ın manyetik alanı nasıl yok oldu?

Mars'ın Dünya benzeri küresel bir manyetik alanı bulunmasa da yüzeyindeki kayaç yapılarında artık zayıf manyetik alan bölgeleri olduğu biliniyor. Bunun kaynağının, yaklaşık 4 milyar yıl önce var olan, iki kutuplu küresel manyetik alan olabileceği düşünülüyor. Yerel manyetik alan bölgeleri de, küresel manyetik alan kadar etkin olmasa da, küçük manyetosferlerin oluşumuna neden olarak yüksek enerjili Güneş rüzgârı için çok etkin olmayan yerel kalkanlar oluşturuyor.

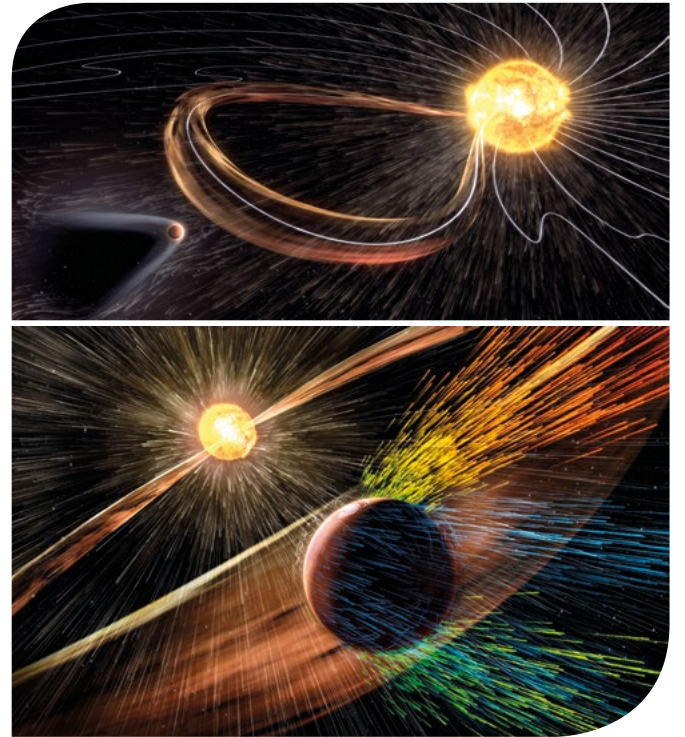
Mars'ın merkezinin yakınında da akışkan demir yoğunluklu bir yapı olduğu tahmin ediliyor. Ancak dinamo mekanizmasının çalışması için konveksiyona da ihtiyaç var. Arizona Eyalet Üniversitesi'nden J. O'Rourke, gezegenin çekirdeğindeki akışkan demir içerikli tabakanın, daha hafif bir elementle (örneğin hidrojen) sarılması durumunda, daha ağır element içeren maddenin konvektif hareketi önleyebileceğini öne sürdü. Acaba küresel manyetik alan, merkezi örtün çok miktarda hidrojen elementinin konveksiyonu durdurması nedeniyle mi sönmüldü?

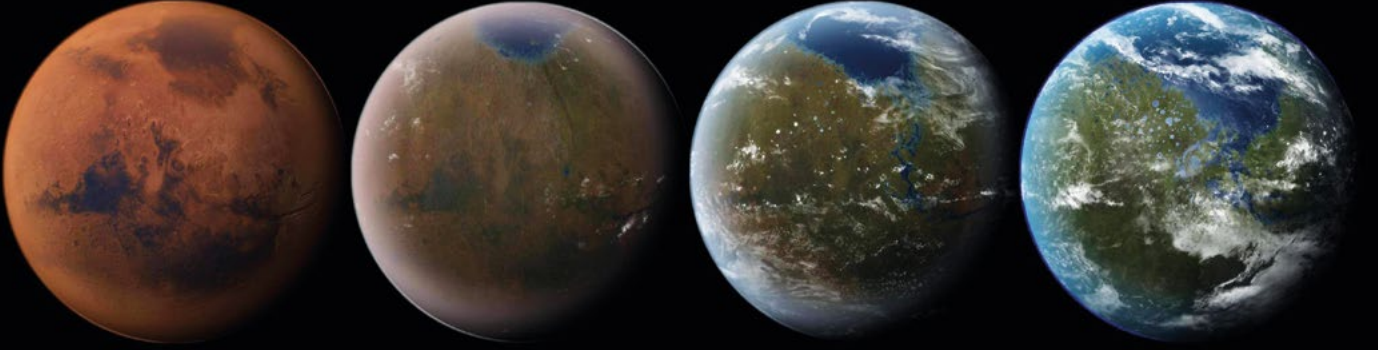


Dünya'nın ve Mars'ın
manyetik alanlarının karşılaştırılması ve
atmosferlerinin
Güneş rüzgârları ile etkileşimi
NASA

Gezegenin iç bölgelerindeki “katil” hidrojenin kaynağının minerallerdeki su olabileceği düşünülüyor. Çok sıcak çekirdek bölgesi yakınındaki suda bulunan hidrojen ve oksijen elementlerin ayrılması en olası açıklama olarak görülüyor. Ayrılan oksijen diğer elementlerle bileşik oluşturup daha üst bölgelere yerleşmiş olabilir. Hidrojen ise akışkan demir içerikli bölgenin üstünde kalarak dinamoyu durdurmuş veya jeneratörü kapatmış olabilir. Bu konuda başka kuramlar da var, ancak problemin çözümünde yol alınması için ya da hangi kuramın doğru açıklama getirdiğini görmek için Mars'a gönderilen araştırma uydularının verilerine ihtiyaç var.

Mars'ın manyetik alanının neden yok olduğunun anlaşılması, atmosferinin yapısının ve bu yapının değişiminin anlaşılmasına da ışık tutacak. Dünya'nın güçlü denilebilecek manyetik alanı, yüzeyindeki yaşam için hayati derecede önemli olan suyun sıvı halde kalmasına olanak sağlayan atmosferini koruyor. Mars'ın küresel manyetik alanının yaklaşık 4 milyar yıl önce yok olmasının, güçlü Güneş rüzgârlarının etkisiyle atmosferinin temizlenmesine veya incelmesine yol açtığı düşünülüyor. Mars'ın ve Dünya'nın manyetik alanlarını karşılaştıran video <https://youtu.be/6u3ZYgbkXZg> adresinde izlenebilir.

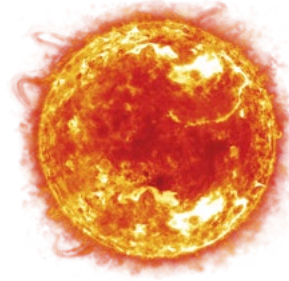




Yapay manyetik alanla kızıl gezegenin yeşil gezegene dönüşüm sürecinin olası modeli
NASA

Mars'a Yapay Manyetik Kalkan

Mars'ın küresel, iki kutuplu manyetik alanının olmaması nedeniyle sürekli yüksek enerjili Güneş rüzgârları ile etkileşmesi, atmosferinin çok ince ve basıncının düşük olması ve yoğun CO₂ içermesi, yüzeyinde sıvı halde su bulunmaması ileride kurulması planlanan koloni projeleri açısından en önemli ve problemlili alanlar. Mars'ta oluşturulabilecek yapay bir küresel manyetik alanın veya koruma kalkanının, Mars'ın atmosferini dengeye ulaştırabileceği ve Güneş rüzgârları ile gelen yüksek enerjili ışımanın yüzeye ulaşmasını engelleyebileceği düşünülüyor. Böylece atmosferdeki birkaç derecelik sıcaklık artışı, özellikle kuzey kutup bölgesinde bulunan buz haldeki bulunan CO₂'nin erimesine neden olabilir. Zincirleme devam edecek bir süreçle atmosferde karbon çoğalacağından bunun sonucunda oluşacak sera etkisiyle buzlar eriyerek sıvı halde su kaynakları ortaya çıkarabilir. Kızıl gezegenin yeşil gezegene dönüşmesi bu şekilde mümkün olabilir mi? Bu sorunun cevabını vermek için erken olsa da bu konuda önemli araştırmalar yürütülüyor.



Sonuç olarak eğer Mars'ta yapay manyetik alan kuşağı oluşturulabilirse, hem atmosferinin ve yüzeyinin yüksek enerjili Güneş ışınlarından korunması hem de atmosferindeki koşulların yaşamın gerektirdiği ölçüde değişmesi sağlanabilir. Mars'ta nasıl yeşil ve mavi alanlar oluşturabiliriz diye düşünürken yeşili gittikçe azalan mavi gezegende yaşadığımız gerçeği de ortada. ■

Kaynaklar

<https://image.gsfc.nasa.gov/poetry/venus/V3.html>

Lissauer, J. J. ve de Pater, I., *Fundamental Planetary Science*, Cambridge University Press, 2013.

O'Rourke, J. ve Shim, S.-H., "Suppressing the martian dynamo with ongoing hydrogenation of the core by hydrated mantle minerals", *Lunar and Planetary Science Conference, The Woodlands, Texas*, 21 Mart 2018.

Shubert, G. ve Soderlund, K. M., "Planetary magnetic fields: Observations and models", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Cilt 187, s. 92, 2011.

<https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasa-s-juno-mission-provides-infrared-tour-of-jupiter-s-north-pole>

<https://phys.org/news/2017-03-nasa-magnetic-shield-mars-atmosphere.html>

<https://www.quora.com/What-determines-the-strength-of-a-planets-magnetic-field>