


## BÖLÜM 4 Merkür

Güneş'e ortalama uzaklık	0.387 AB = $5.79 \times 10^7$ km	
Güneş'e en büyük uzaklık	0.467 AB = $6.98 \times 10^7$ km	
Güneş'e en küçük uzaklık	0.307 AB = $4.60 \times 10^7$ km	
Yörünge dışmerkezliği	0.206	
Ortalama yörünge hızı	47.9 km/sn	
Yörünge (yıldız) dönemi	87.969 gün	
Kavuşum (sinodik) dönemi	116 gün	
Dönme dönemi	58.646 gün	
Ekvatorun yörüngeye eğikliği	0.5°	
Yörünge ekliptiğe eğimi	7° 00' 16"	
Ekvator çapı	4880 km = 0.383 R <sub>yer</sub>	
Kütle	$3.302 \times 10^{23}$ kg = 0.0553 M <sub>yer</sub>	
Ortalama yoğunluk	5430 kg/m <sup>3</sup>	
Kurtulma hızı	4.3 km/sn	
Yansıtma gücü	0.12	
Ortalama yüzey sıcaklığı	Gündüz 350°C = 623°K Gece -180°C = 103°K	

### 4.1 Merkür'ün Yörüngesi ve Hareketleri

Güneş sisteminin en basık yörüngeli gezegeni Plüto'dur. Bunu  $e=0.206$  yörünge basıklığıyla, Güneş'e en yakın olan gezegen Merkür takip eder. Merkür'ün Güneş'e olan ortalama uzaklığı 0.387 AB ve Yer'den izlendiğinde oldukça parlak görülen bir cisimdir. Ancak Güneş'e çok yakın olması nedeniyle Yer'den gözlenmesi oldukça güçtür (Kopernik'in hayatı boyunca Merkür'ü hiç görmediği söylenir).

Merkür'ün Yer'den çıplak gözle görülebildiği en iyi zamanlar, yörüngesi üzerinde “*en-büyük doğu uzanımı*” ve “*en-büyük batı uzanımı*” konumlarında bulunduğu tarihlerdir (Şekil 4.1). Merkür yörüngesi üzerinde en-büyük doğu uzanımı civarında yer alırken, Yer'de günbatımından hemen sonra batı ufku üzerinde görülür. En-büyük batı uzanımında ise gündeğumundan hemen önce doğu ufku üzerinde yükselir. Şekil 4.1 den de görüleceği gibi uzanım açısının alabileceği en büyük değer

28° olabilmektedir ve bu durum gökyüzünde görülebilme süresine önemli bir kısıtlama getirmektedir. Gök küresi 1 saatte 15° dönmektedir, dolayısıyla Merkür, kaba bir hesapla, günbatımından sonra gökyüzünde en fazla 2 saat, gündoğumundan da en erken 2 saat önce görülebilecektir.

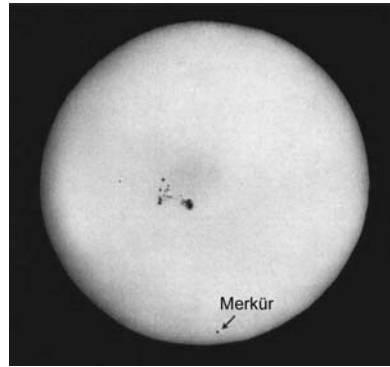
Merkür, Güneş etrafındaki yörüngesini 88 günde tamamlar (yıldızlı dönemi). Kavuşum

dönemi ise 116 gündür (bir yılın 1/3 i). Bu nedenle Merkür 1 yıl boyunca en az 3 kez “iç kavuşum” durumunda bulunabilir (yani Yer ile Güneş arasından geçer). Bu durumda Merkür’ün karanlık yüzeyinin izdüşümü bazen Güneş diski üzerinde görülebilmektedir. Bu özel duruma “*transit*” veya “*geçiş*” adı verilmektedir. Şekil 4.2 de, 14 Kasım 1907 tarihinde gerçekleşen Merkür geçişi izlenmektedir. Merkür yörüngesinin ekliptiğe eğimi 7° olduğundan, her iç kavuşumda Merkür görüntüsü Güneş diski üzerine düşmez. Merkür geçişleri ancak Mayıs veya Kasım aylarında bir iç kavuşum gerçekleşirse gözlenebilir. Çünkü bu aylarda Yer, kendi yörüngesi ile Merkür yörüngesinin arakesiti olan doğrultuya çok yakın konumlardadır. Ancak bu sıralarda gerçekleşen bir iç kavuşum anında Merkür kabaca ekliptik düzleminde yer alır ve geçiş izlenebilir. En uzun geçiş 9 saat kadar sürmektedir ve Merkür’ün, bir Mayıs ayı içinde gerçekleşen iç kavuşumunda, yörüngesi üzerinde enöte noktası civarında bulunduğu zamanlarda gerçekleşebilmektedir.

Yakın tarihe kadar, Güneş’in tedirginlik kuvvetleri altında, Merkür’ün eş-dönme yapmaya zorlandığı düşünülmekteydi. “*1 e 1 dönme-dolanma kitlemesi*”



Şekil 4.1 Merkür'ün Güneş etrafındaki yörüngesi

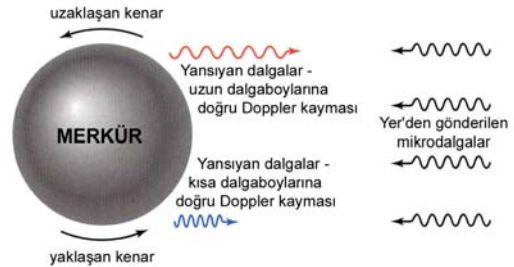


Şekil 4.2 Merkür'ün Güneş önünden geçişi



Şekil 4.3 Puerto Rico'daki Arecibo radyo teleskobu

olarak da adlandırılan bu özelliğin Merkür'de geçerli olmadığına dair ilk deliller, 1962 de W. E. Howard'ın radyo teleskoplarla yaptığı gözlemlerle ortaya çıkmıştır. Merkür eş-dönmeye sahip olsaydı, Güneş'e bakmayan yüzünün sıcaklığı mutlak sifıra yakın olmalıydı. Ancak Howard'ın gözlemleri, Merkür'ün karanlık kısımlarında yüzey sıcaklığının  $100^{\circ}\text{K}$  ( $= -173^{\circ}\text{C}$ ) olduğunu göstermiştir. Merkür'ün belirgin bir atmosferi yoktur, dolayısıyla aydınlık yüzünden karanlık yüzüne rüzgarlarla ısı taşınması olanaksızdır. Bu duruma kesin açıklık getiren gözlemler, 1965 yılında R. B. Dyce ve G. H. Pettengill tarafından, Puerto Rico'daki Arecibo Radyo teleskobu ile yapılmıştır (Şekil 4.3). Dünya'nın en büyük çanağına sahip (çapı 305 m) bu radyo teleskop, Merkür'ün eksenini etrafında dönmesi sonucu bize yaklaşan ve uzaklaşan kenarlarından mikrodalgalar yansıtılmak üzere kullanılmıştır. Gezegenin bize yaklaşan kenarından yansıyan mikrodalgaların dalgaboylarının maviye, uzaklaşan kenarından yansıyanların ise kırmızıya kayma miktarlarından (Doppler etkisi ile, Şekil 4.4) gezegenin eksenini etrafında dönme dönemi yaklaşık olarak 59 gün olarak bulunmuştur. İtalyan fizikçi G. Colombo, bu değer, yıldız döneminin  $2/3$  üne çok yakın bir



Şekil 4.4 Merkür'ün dönme döneminin radar tekniği ile belirlenmesi

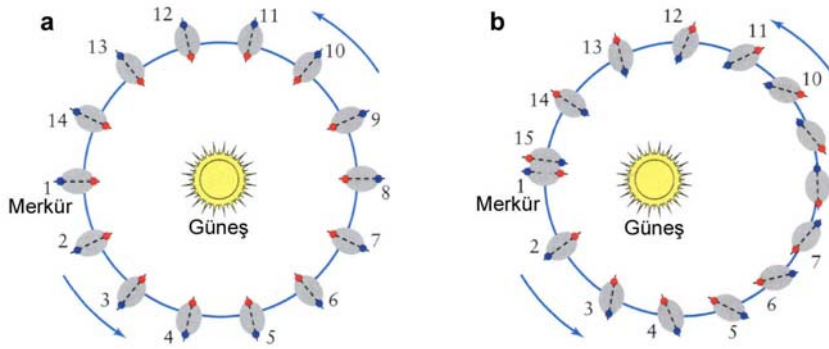
değer olduğunu fark etmiş ve bunun üzerinde dönme döneminin “3 e 2 dönme-dolanma kitlenmesi” özelliği gösterdiğini ve kesin değerinin 58.646 gün olduğunu göstermiştir. Buna göre Merkür, Güneş etrafında iki kez tam dönüşünü tamamladığında, eksenini etrafında 3 kez dönmüş olmaktadır. Güneş sisteminin diğer gezegen ve uydularının hiç birinde 3 e 2 dönme-dolanma ilişkisi izlenmemektedir. Dolayısıyla bu durum sadece Merkür’e özgü doğası ile ilgili olmalıdır.

Şekil 4.5, Güneş’in kütle çekim etkisi altında kalan Merkür’ün nasıl 3 e 2 dönme-dolanma kitlenmesi gösterdiğini açıklamak açısından önemlidir. Merkür, oluşumundan bu yana, Güneş’in şiddetli tedirginlik kuvvetleri etkisi altında küresel yapıdan sapsmış ve bir dönel elipsoid şeklini almıştır. Şekil 4.5 de görüldüğü gibi,

Güneş’in çekim etkisi, kendine yakın olan şişkinliği daha büyük bir kuvvet ile çekecek ve Merkür’ün uzun ekseninin daima Güneş’e doğru yönelmesini sağlayacaktır. Eğer Merkür’ün yörüngesi çember olsaydı, Şekil 4.6a dan görüldüğü gibi bu çekim etkisi ile büyük eksen daima Güneş’e yönelmiş olacaktı. Yani Merkür 1 e 1 dönme-dolanma kitlenmesi altında Güneş’e hep aynı yüzünü gösterecekti (eş-dönme). Ancak yörüngesinin elips olması nedeniyle, Merkür’ün uzun eksenini, sadece enberi noktası civarında tam olarak Güneş’e yönelir (Şekil 4.6b, 1 konumu). Güneş’in kendine yakın



Şekil 4.5 Merkür’e etkiyen çekim kuvvetleri



Şekil 4.6 3 e 2 dönme-dolanma kitlenmesi

olan şişkin bölgeye uyguladığı çekim kuvveti, artan uzaklıkla hızla zayıflamaktadır. Dolayısıyla şekil 4.6b de 4, 5, 6 ve 7 konumları boyunca enöte noktasına yaklaştıkça, gezegenin ekseni etrafında dönmesi daha baskın çıkmaktadır ve uzun eksen Güneş'ten sapmaktadır. 8 konumundan sonra uzun eksenin, 1 konumunda Güneş'e bakan noktasının ters tarafındaki nokta Güneş'e yaklaşmaya başlar. Azalan uzaklıkla, Güneş'in bu nokta üzerindeki çekim etkisi artacağından, 9, 10, 11, 12 konumları boyunca uzun eksen tekrar Güneş'e doğru yönelmeye zorlanmaktadır ve sonuçta 15 noktasına (enberi) erişildiğinde uzun eksen yine tam olarak Güneş'i göstermektedir. Ancak bir önceki enberi konumunda Güneş'e bakan yüzün tam tersi bu sefer Güneş'e bakmaktadır. 10 ile 11 konumları arasında Merkür ekseni etrafında bir tam dönüşünü tamamlamış durumdadır ve 15 konumuna ulaştığında ise yarım bir dönme daha yapmıştır. Dolayısıyla bir yörünge dönemi boyunca ekseni etrafında 1.5 tur atmıştır. Şekil 4.6b dikkatli olarak incelenirse Merkür'de gündoğumu ile günbatımı arasındaki sürenin bir yıldızlı döneme eşit yani kabaca 88 gün olduğu görülecektir. Günbatımından, takip eden gündoğumuna da aynı sürenin geçmesi gerektiğinden, 1 Merkür gününün yaklaşık 176 Yer günü olacağı açıktır. Böylelikle, Merkür'de izlenen aşırı gündüz-gece sıcaklık farkı da anlaşılabilir. Merkür yüzeyinde bir bölge 88 gün Güneş ışınları ile ısıtılırken (hem de Yer'dekinin 7 katı daha fazla şiddetle), 88 gün Güneş ışınlarından yoksun kalmaktadır. Gündüz ekvator bölgesinde bir nokta 430°C sıcaklığa erişirken (kurşun eriyebilir), gece -170°C ta kadar düşebilmektedir. (CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> buz haline geçer).

Güneş sisteminde yer alan diğer gezegenlerin yarattıkları çekim etkisi sonucu, Merkür yörüngesinin yarı-büyük ekseni, Güneş etrafında prograd yönde çok yavaş bir şekilde dönmektedir (Şekil 4.7). Güneş merkezinden bakıldığında enberi noktasının yüzyılda 574" doğuya doğru hareketi olarak kendini gösteren bu olaya, Merkür yörüngesinde "enberi noktasının presesyonu" denmektedir. Güneş sisteminin diğer gezegenlerine ait yörüngelerinde, daha küçük ölçekte olmak üzere bu etkinin varlığı uzun zamandan beri biliniyor ve



Şekil 4.7 Enberi noktasının presesyonu

Newton çekim yasaları ile kolayca modellenebiliyordu. Ancak Merkür'de izlenen yüzyıl başına 574" lik enberi presesyonunun tamamı, başlangıçta Newton çekim yasaları ile açıklanamamıştır ve 43" lik bir artık sözkonusu olmuştur. 19. yüzyıl ortalarında Le Verrier bu "artık presesyon"u açıklamak üzere, Güneş'e Merkür'den daha yakın bir gezegenin var olabileceğini önermiştir. Daha gözlenmeden "Vulkan" adı verilen bu gezegenin, Güneş önünden geçişlerinin görülmesi gerekiyordu. Ancak bu geçiş hiç bir zaman izlenemedi ve günümüzde böyle bir gezegenin olmadığı kesin olarak bilinmektedir. 1907 ile 1915 yılları arasında Alman fizikçi Albert Einstein, Newton çekim yasasının alternatifi olan "genel görelilik kuramı"nı ortaya atmıştır. Çok büyük kütleyle sahip bir cismin yakınlarında uzay (boyut) ve zaman kavramlarının yeniden tanımlanmasını gerektiren bu kuram, 43" lik artık presesyonu başarı ile açıklamış ve Merkür yörüngesiyle de kendini deneysel olarak sınama olanağı bulmuştur. Artık presesyon, Merkür'ün Güneş'e çok yakın ve yörünge dışmerkezliğinin göreliliği olarak büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer gezegen ve uydu yörüngelerinde bu koşullar gerçekleşmediği için artık presesyon görülmemektedir.

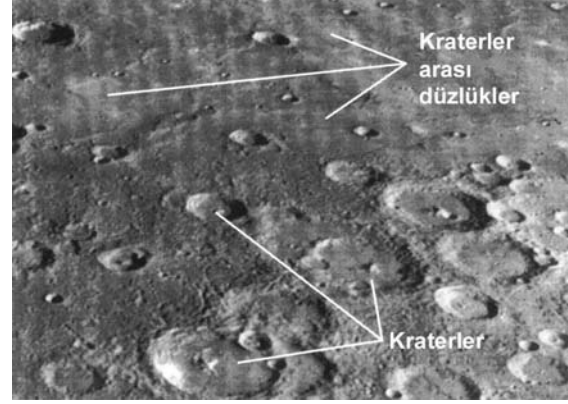
#### 4.2 Merkür'ün Yüzey Şekilleri

Merkür ve Venüs gezegenlerini yakından incelemek amacı ile 3 Kasım 1973 de Mariner 10 uzay aracı Yer'den fırlatılmış ve Güneş çevresinde 176 gün dönemli bir yörüngeye oturtulmuştur. Mariner 10 aracı, 1974-75 yılları arasında Venüs'e 1, Merkür'e ise 3 yakın geçiş yapmış ve detaylı fotoğraflarını yollamıştır. Şekil 4.8 de Mariner aracının Merkür'e 3 ayrı yakın geçişinde elde edilen fotoğrafların birleştirilmiş mozaik görüntüsü görülmektedir. Mariner 10 görüntüleri Merkür'ün sadece bir yarıküresine aittir, çünkü aracın ardışık yakın geçişleri arası süre, Merkür'ün yörünge döneminin iki katı, dönme döneminin ise 3 katıdır.

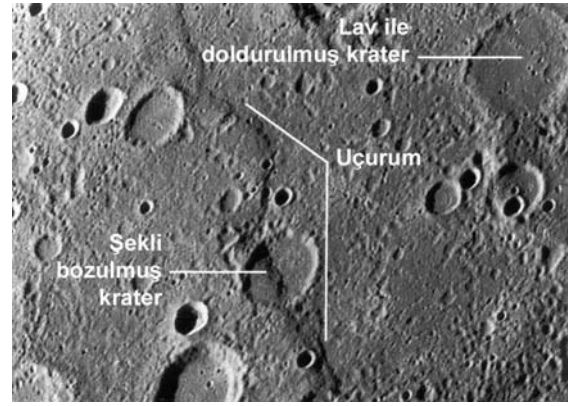


Şekil 4.8 Mariner 10 aracından Merkür

Çok sayıdaki kraterleriyle Merkür yüzeyi, Ay yüzeyi ile büyük benzerlik göstermektedir. Arada bazı ufak farklılıklar mevcuttur. Şekil 4.9 dan da izlenebileceği gibi kraterler arasında geniş düzlük alanlar mevcuttur. Bu düzlükler, krater alanlarından ortalama 2 km daha sığdır. Ay denizlerinin oluşum senaryosunun, bu düzlükler için de geçerli olduğu düşünülmektedir. Düzlüklerin, Ay denizlerine oranla daha açık renkte görülmesi, demir bolluğunun, Ay denizlerine oranla daha düşük olduğuna işaretir. Düzlükler, Ay denizlerine oranla daha fazla sayıda küçük krater içermektedir. Dolayısıyla



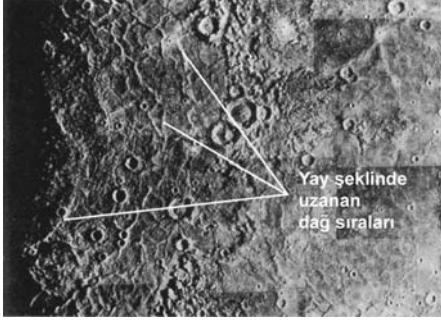
Şekil 4.9 Kraterler ve düzlükler



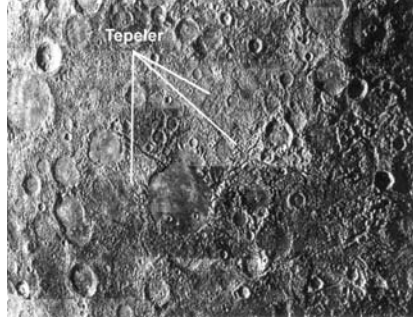
Şekil 4.10 Uçurumlar

günümüzden geriye 3.8 milyar yıldan biraz daha önce, yani yoğun meteor bombardımanının sonuçlanma aşamasında oluştuğu düşünülmektedir. Dolayısıyla Ay'daki denizlerin çoğundan daha yaşlıdır. Şekil 4.10 daki Mariner 10 görüntüsünde, Merkür yüzeyi boyunca uzanan derin uçurumların var olduğu görülmektedir. Uçurum çizgisi boyunca görünen kraterin bu yapıya uyum göstermiş olması, uçurumların kraterlerden sonra meydana geldiğini göstermektedir. Bazı bölgelerde yüksekliği 3 km ye kadar ulaşan uçurumların, gezegenin soğuması sırasındaki büzülmelemlerle oluştuğu düşünülmektedir. Uçurumların oluştuğu sırada yüzeyin hemen altında erimiş madde bulunsaydı, bunların yüzeye çıkarak çevredeki yüzey şekillerini "silmesi" beklenirdi. Ancak bu duruma ilişkin gözlenen bir olgu yoktur. Bu da uçurumların, Merkür'ün yakın geçmişinde oluştuğuna dair önemli bir delildir. Mariner 10 görüntülerinde dikkat



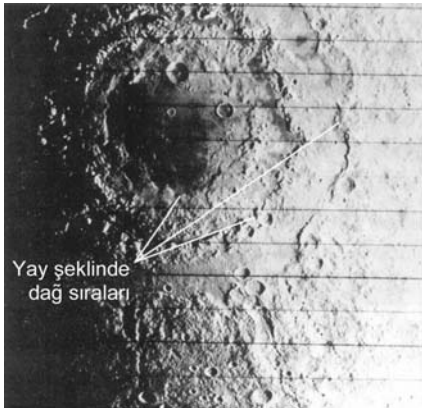


**Şekil 4.11** Caloris Çukuru çevresindeki dağ sıraları



**Şekil 4.12** Caloris Çukuru'nun zıt tarafında gözlenen tepeler

çeken en önemli yüzey şekli, Şekil 4.11 de görülen ve güçlü bir çarpışmanın izlerini taşıyan “*Caloris Çukuru*” dur. Çapı 1300 km olan Caloris Çukuru'nun içi lav ile doldurulmuştur. Çarpışanın yarattığı şok dalgaları ile çevresinde yay şeklinde dağ sıraları oluşmuştur. Mariner 10 aracı, Caloris Çukuru'nun yüzeydeki konumunun tam zıt tarafında 500,000 km<sup>2</sup> alana yayılmış, çok yüksek tepe dizilerinin var olduğunu görüntülemiştir (Şekil 4.12). Jeologlar, Caloris Çukuru'nu oluşturan çarpışma ile meydana gelen sismik dalgaların, tüm gezegeni katederek bu bölgeye odaklandıklarını ve yüzeye ulaşarak tepeleri oluşturduklarını söylemektedirler. Ay'daki “*Doğu Denizi*”nin (Şekil 4.13) şekil olarak Caloris Çukuru'na çok benzemesi ve zıt konumlarında geniş alanlara yayılmış benzer tepelerin varlığı bu öneriyi desteklemektedir.



**Şekil 4.13** Ay'daki Doğu Denizi, Caloris Çukuru'na çok benzemektedir



**Şekil 4.14** Merkür'ün kuzey kutbundan kuvvetli yansımalar alınmaktadır



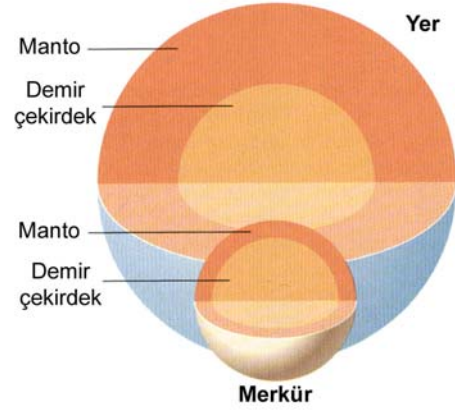
Merkür'ün radyo teleskoplarla, Yer'den yapılan gözlemleri, kutup bölgelerinde kuvvetli yansımaların var olduğunu göstermiştir (Şekil 4.14). Bu bölgelerin, hiç Güneş ışığı ulaşmayan krater tabanlarında yer alan buzlar olabileceği düşünülmektedir. Şekildeki beyaz alanlar yansımaların kuvvetli olduğu bölgeleri göstermektedir.

### 4.3 Merkür'ün İç Yapısı ve Manyetik Alanı

Merkür'ün ortalama yoğunluğu  $5430 \text{ kg/m}^3$  dür ve Yer'in ortalama yoğunluğuna ( $5515 \text{ kg/m}^3$ ) çok yakındır. Bir gezegenin iç basıncı, kütlesi ile doğrudan ilişkilidir ve atomları daha küçük hacimler içine sıkıştırarak, kayaların yoğunluğunun artmasına neden olur. Yerin kütlesi, Merkür'den 18 kat daha fazladır ve bu kütlenin oluşturacağı ağırlık iç bölgeleri daha fazla sıkıştırmaktadır.

Eğer Yer kendi ağırlığı altında

sıkışmamış olsaydı ortalama yoğunluğu  $4400 \text{ kg/m}^3$  olurdu. Buna karşılık Merkür'ün sıkışmamış halinde sahip olacağı ortalama yoğunlukta ciddi bir farklılık olmazdı ( $5300 \text{ kg/m}^3$ ). Bu durum Merkür'ün Yer'e oranla daha fazla demir bileşimine sahip olduğu anlamına gelmektedir. Sismik ölçümler, Yer'in demir çekirdeğinin, tüm hacminin %17 sini kapladığını göstermektedir. Buna göre bu oran Merkür'de %42 yöresinde olmalıdır. Merkür bu açıdan, Güneş sisteminin demirce en zengin gezegenidir. Şekil 4.15 de Merkür'ün iç yapısı, Yer'in iç yapısı ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

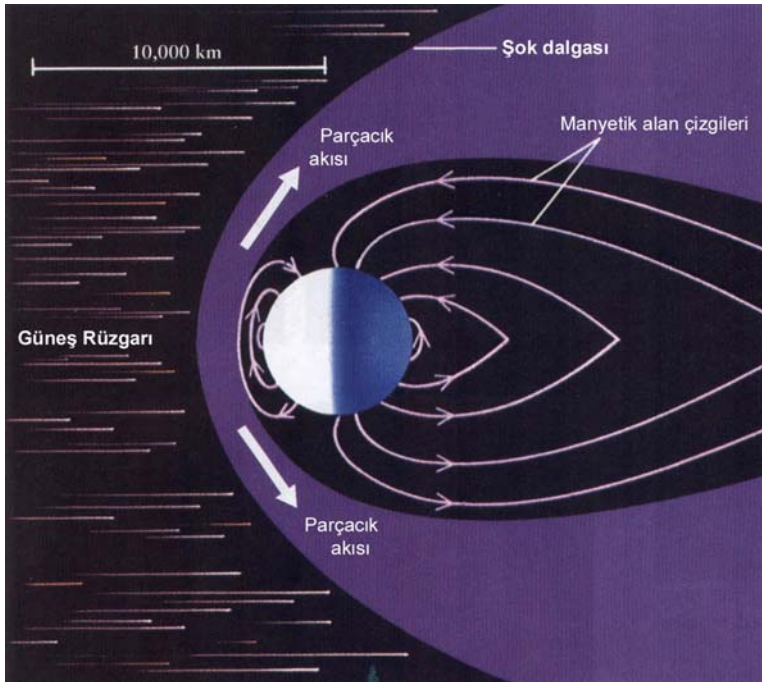


Şekil 4.15 Merkür'ün iç yapısı

Merkür'ün yüksek demir bolluğunu açıklamak için çok sayıda kuram öne sürülmüştür. Bir kurama göre Güneş bulutsusunun iç kısımlarında sıcaklık son derece yüksekti ve bunun doğal sonucu olarak sadece yoğunlaşma sıcaklığı çok yüksek olan demirce zengin mineraller katıların içinde yoğunlaşabilmişti. Bir başka kuram ise, Güneş'in oluştuktan hemen sonra kısa süreli olarak çok güçlü bir rüzgara sahip

olduğunu ve Merkür'ün düşük yoğunluklu mantosunu soyarak, Güneş sisteminin dışına doğru sürüklediğini kabul etmektedir. Üçüncü bir kurama göre ön-gezegen aşamasındaki Merkür'e, kütesinin 1/6 i boyutlarında başka bir ön-gezegen merkezsel olarak çarpmıştır. Bu çarpışma sırasında her iki cisim de parçalanmış ve açığa çıkan yüksek ısı altında hafif elementler içeren mantoları tamamen buharlaşmıştır. Geriye kalan ağır elementlerce zengin kalıntı tekrar birleşerek Merkür'ü oluşturmuştur.

Mariner 10 aracının üzerinde bulunan manyetometreler, Merkür'ün, Yer'e benzer (ancak %1'i şiddetinde) bir manyetik alana sahip olduğunu belirlemiştir. Yer'in manyetik alanının, demir çekirdeğinin sıvı üst katmanlarında gerçekleşen akışkan hareketleri ile üretildiğini görmüştük (Bölüm 2). Buna göre Merkür'ün bir manyetik alana sahip olması, çekirdeğinin belirli bir bölümünün sıvı olmasını ve elektrik akımlarını doğuracak akışkan hareketlerini tetikleyecek ölçüde bir iç enerji kaynağının bulunmasını gerektirmektedir. Yer örneği açısından irdelendiğinde, ikinci koşulun gerçekleşmesi, Merkür çekirdeğinin merkeze en yakın bölgelerinin katı olmasını da



Şekil 4.16 Merkür'ün manyetosferi

gerektirmektedir. Sonuç olarak Merkür'de manyetik alan varlığı sayesinde, çekirdeğinin genel yapısının Yer'dekine çok benzer olması gerektiğini söyleyebiliyoruz.

Güneş rüzgarı proton ve elektronlardan oluşma sürekli bir yüklü parçacık akısıdır ve Güneş'in üst atmosfer katmanlarında üretilmektedir. Merkür'ün manyetik alanı, aynen Yer'in manyetik alanında olduğu gibi (ancak daha küçük ölçekte) gezegeni saran bir yapıya sahiptir ve Güneş rüzgarı ile etkileşmektedir. Bu etkileşme sonucu gezegen çevresinde manyetosfer adı verilen, Güneş rüzgarından arındırılmış bir hacim oluşmaktadır (Şekil 4.16). Merkür'ün manyetosferi Güneş rüzgarı parçacıklarının gezegene yaklaşmasını önlemektedir, bu nedenle Yer çevresinde görülen Van Allen ışınım kuşaklarına benzer yapılar, Merkür çevresinde oluşmamaktadır.

Merkür yüzeyine uzay araçları ile iniş henüz gerçekleştirilmemiştir. Hakkındaki bilgimizin çoğu, 1970'li yılların teknolojisi ile geliştirilen Mariner 10 aracının yakın geçişlerinde elde ettiği verilere dayanmaktadır. Dolayısıyla, Merkür hakkında cevaplanması gereken çok miktarda soru bulunmaktadır.