ASTRONOMA SORULAR

Doç. Dr. Hasan H. Esenoğlu

2021

Konu Başlıkları

1) Evren
2) Güneş Sistemi
3) Büyük Ölçekli Evren
4) Evren'in Yapısı
5) Temel Bilim Seçme Sorular

Alt Konu Başlıkları

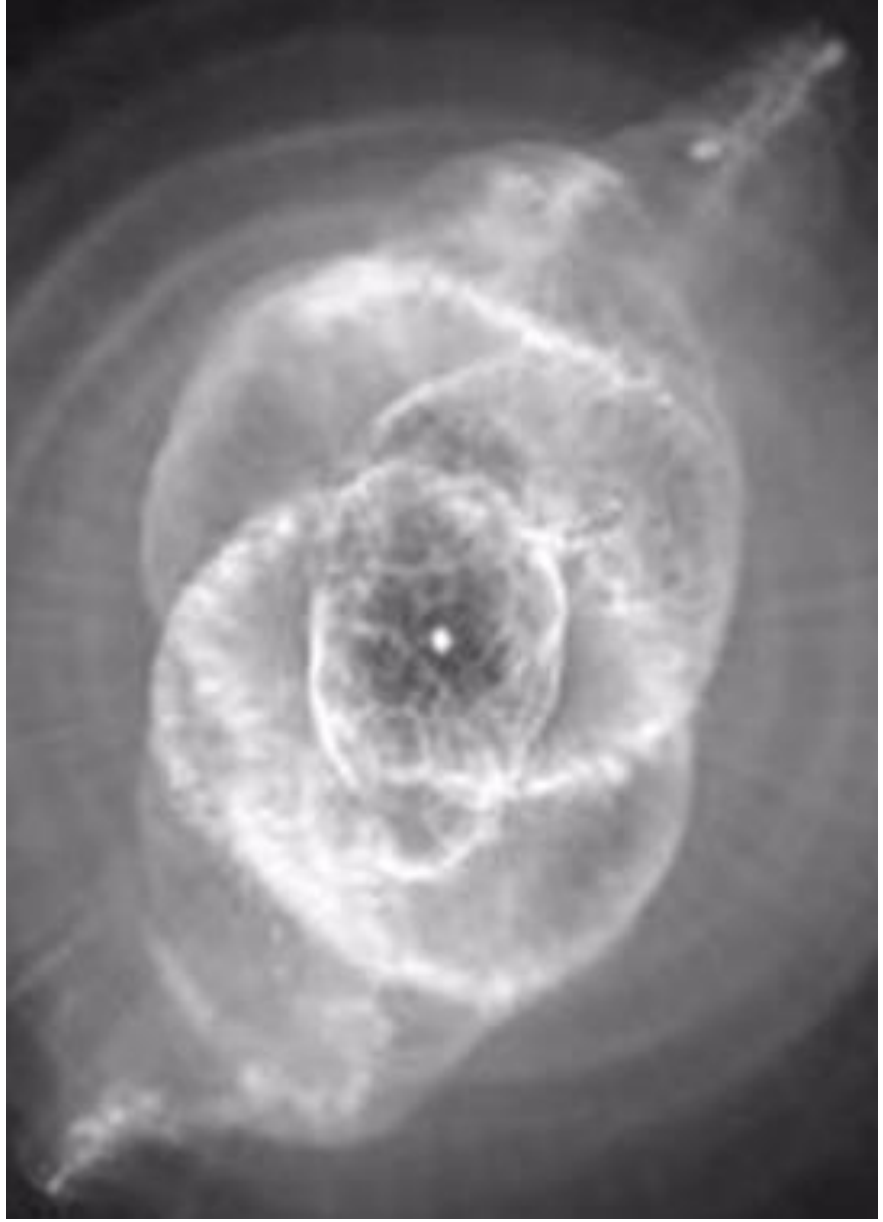
12) Gezegenler nasıl oluştu?

13) Gezegenlerin temel özellikleri nelerdir?

2) Güneş Sistemi

12. Gezegenler nasıl oluştu?

Gezegenler, onların uyduları, küçük gezegenler, asteroitler ve kuyrukluyıldızlar da, gerçekte Güneş kadar yaşlıdır. Bunların büyük bölümü Güneş daha önyıldız aşamasındayken, güneş bulutsusunun içinde oluşmaya başlamıştır. Gezegenlerin oluşum süreci aslında binaların yapım sürecine, onların zaman içinde yavaş yavaş ortaya çıkıp yükselmesine benzer. Bulutsudaki küçük parçalar bir araya gelerek büyük parçaları oluşturmuş; büyük parçalar da bir araya gelerek daha büyük parçaları oluşturmuştur.



3300 ışık yılı ötedeki Kedi Gözü Bulutsusu. Merkezdeki yıldızın şu anki kütlesi yaklaşık Güneş kütlesidir. İlk kütlesinin 5 Güneş kütlesi olduğu hesaplanmıştır. Yüzey sıcaklığı 80.000°C'dır. Saniyede 1900 km hızla esen yıldız rüzgârı nedeniyle, her saniye 20 trilyon ton kadar maddesi uzaya saçılmaktadır. Bir milyon yıl kadar sonra, bugünkü kütlesinin yüzde 30'unu yitirmiş olacaktır.



Güneş Sistemi'nin oluştuğu bulutsuda hidrojen, helyum, karbon, silisyum ve oksijen boldu. Sıcaklığın 2000°C dolayında olduğu, önyıldız aşamasındaki Güneş'e (öngüneş) yakın yerlerde, ancak demir gibi ağır elementler bulunuyordu. Biraz daha ötelerde ve biraz daha az sıcak bölgelerde çok küçük kaya parçacıkları (tozları) vardı. Öngüneşten 5 AB (5 x 150.000.000 km) ve daha da ötedeyse, yani Jüpiter'in bulunduğu bölge ve ötesinde, bol miktarda buz kristali (su, amonyak, metan vs. buzları) toplanmaya başlamıştı. Gökbilimcilerin "kar hattı" dediği bu bölgede, sıcaklığın -70°C'dan daha düşük olduğu tahmin ediliyor.

İlk başlarda güneş bulutsusunda kum bulutları, demir tozları ve buz kristalleri, saniyede onlarca kilometre hızla dönüyordu. Bu dönüş sırasında düşük hızlarla birbirine çarpan buz, toz ve metal zerreleri, elektrostatik kuvvet nedeniyle birbirine bağlanıyor, yapışıyordu. Küçük parçacıklar bu şekilde giderek büyümeye başladı. Birkaç bin yıl içinde güneş bulutsusunun öngüneşe yakın bölgelerinde, tozların yanı sıra, çakıl taşı büyüklüğünde kaya ve metal parçaları, uzak bölgelerde de buz parçaları oluşmuştu. Bu parçalar sayıları giderek artan çarpışmalarla bir yandan birleşip büyüyor, bir yandan da güneş bulutsusunun ortasında daha ince bir diskte toplanıyordu.

Birkaç bin yıl içinde dağ büyüklüğünde kütleler oluştu. Bu büyüklükte cisimler yalnızca kendilerine çarpan küçük cisimlerle değil, aynı zamanda kütleçekim kuvvetinin kendilerine çektiği, etraflarındaki çok küçük, ama çok sayıda cisimle de büyüyordu. Güneş bulutsusunun oluşumundan sonraki 10.000-100.000 yıl arasında bir sürede, bulutsunun iç bölgelerinde Ay büyüklüğünde yüzlerce gökcismi oluşmuş, öngüneşin çevresinde hızlı turlar atıyordu. Gökbilimciler bunlara öngezegen der.

Ne var ki bütün öngezegenlerin büyümesi aynı hızla olmamıştır. Kar hattının ötesindeki buzlar, öngüneşe yakın bölgelerdeki metallere ve kayalara göre çok daha boldu. Buz parçacıkları daha da yapışkandı. Böyle olunca kar hattının ötesindeki gezegenleşme süreci, öngüneşe yakın bölgelerdekine göre çok daha hızlı gerçekleşti. Jüpiter ve Satürn kısa sürede oluştu. İlk başlarda kaya ve buzdan oluşan Jüpiter, büyüdükçe kütleçekim kuvvetinin etkisiyle, başta hidrojen ve helyum olmak üzere o bölgedeki gazları da hızla kendine çekip toplamaya başladı. Atmosferi ve sıvı mantosu oluştu. Çevresindeki gökcisimlerini yutarak ya da kütleçekim etkisiyle onları uzak yörüngelere fırlatarak, güneş bulutsusunun içindeki yörüngesini temizlemeye başladı. Aslında Jüpiter daha da büyüyebilirdi; ama öngüneş T-Tauri aşamasına girdi ve ürettiği güçlü güneş rüzgârı, bulutsudaki gazları Güneş Sistemi'nin dışına doğru savurdu. Bir başka deyişle ortamda Jüpiter'in büyümesini sağlayacak hammadde kalmadı. Böylece Jüpiter'in kütlesi 300 Dünya kütlesinin biraz üstünde sabitlendi. Dev gezegen oluşurken çevresinde toplanan gaz ve tozlardan tıpkı güneş bulutsusuna benzeyen, ama ondan çok daha küçük bir disk oluşmuştu. Çok kısa sürede ortaya çıkan Jüpiter, o dönemde bugünkünden çok daha sıcaktı. Bu sıcaklık nedeniyle gezegenin çapı da şimdikinden daha büyüktü. Gezegen soğudukça çapı küçüldü. Bu küçülme hâlâ sürüyor ve Jüpiter'in çapı her yıl yaklaşık 2 cm kadar küçülüyor.

Gaz devi Jüpiter'in oluşumu sırasında ve sonrasında çevresindeki öngezegenlerden bazıları ve küçüklü büyüklü milyonlarca asteroit, onun büyük kütleçekim kuvvetiyle Güneş Sistemi'nin uzak bölgelerine yollanmıştır. Bu sayede iç gezegenlere de çok daha az sayıda asteroit ve kuyrukluyıldız çarpmıştır. Yıkıcı etkisi olan büyük göktaşlarının Dünya'ya daha az çarpmış olmasının yeryüzünde yaşamın hem ortaya çıkmasında hem de geçirdiği evrimin şekillenmesinde büyük bir önemi vardır.

Güneş Sistemi'nin ikinci dev gezegeni Satürn de aslında Jüpiter'inkine benzeyen bir süreçten geçerek oluşmuştur. Ama Jüpiter'e göre Güneş'ten iki kat daha uzaktır; buz ve kayadan çekirdeğinin oluşması çevredeki hammaddelerin görece azlığı nedeniyle daha yavaş gerçekleşmiştir. Güneş rüzgârı ortaya çıkana ve çevresindeki gazları uzaklaştırana dek, Satürn ancak şimdiki hali kadar büyüyebilmiş, Jüpiter'den oldukça küçük kalmıştır.

Jüpiter ve Satürn oluştuğunda öngüneşe yakın bölgelerdeki kayalık öngezegenler de oluşumlarını, büyümelerini sürdürüyordu. Benzer bir süreç Satürn'ün iki katından daha uzakta yer alan buzdan öngezegenler için de geçerliydi. İleride Uranüs ve Neptün olacak iki öngezegen, yaklaşık Dünya büyüklüğündeydi; buz ve kayadan oluşmuşlardı. Onlar da tıpkı Jüpiter ve Satürn'ün birkaç milyon yıl önce yaptığı gibi, başta hidrojen ve helyum olmak üzere çevredeki gazları kendilerine çekiyordu. Ne var ki sahneye biraz geç çıktıklarından kalan az miktarda gazla yetinmek zorundaydılar. Atmosferleri Jüpiter ve Satürn'ünkinden biraz farklıydı; biraz daha çok su, amonyak ve metan içeriyordu. Bu içerik farkından dolayı renkleri de açık maviydi. Bunların iç bölgelerinde amonyak, metan ve sudan oluşan birer okyanus olduğu düşünülüyor. Ancak bu okyanuslardan gezegenlerin atmosferine geçiş, Dünya'daki gibi keskin bir şekilde değil de aşamalı olmalıdır. Birçok gökbilimci bu özellikleriyle Jüpiter ve Satürn'den farklılaşan Uranüs ve Neptün'ü gaz devi olarak değil de "buz devi" olarak tanımlar.

Sonuçta Jüpiter'in yaklaşık 20'de biri büyüklüğünde iki gezegen ortaya çıkmıştı. Yine de bunlar 15 Dünya kütlesinden daha kütleliydiler. Büyük kütleçekim alanları nedeniyle de, çevrelerindeki küçüklü büyüklü buz ve kayaları ya yuttular ya da Güneş Sistemi'nin dışlarına doğru gönderdiler.

Dört dev gezegenin böyle dış bölgelere gönderdiği küçüklü büyüklü gökcisimleri ile öngezegenler, Güneş Sistemi'nin oluşumu sırasında iki ana bölgede toplanmıştır. Bu bölgelerden ilki Kuiper Kuşağı'dır. Neptün'ün yörüngesinin ötesinde başlayan bu kuşağın cisimleri büyükçe olur ve ekliptik düzlemin çevresindeki dar bir bantta yoğunlaşmıştır. Bunlara trans-Neptün cisimleri de denir. Kısa periyotlu kuyrukluyıldızlar bunlar arasından çıkar. Bir de çok daha ötelerde daha küçük trilyonlarca göktaşının oluşturduğu bir küre vardır. Bu göktaşları aslında uzun periyotlu kuyrukluyıldızlardır; içinde bulundukları ve çapı bir ışık yılından daha büyük küre şeklindeki yapıya Oort Bulutu denir.

Dev gezegenler oluşurken onların da çevrelerini kuşatan ve tıpkı güneş bulutsusuna benzeyen ama ondan daha küçük, gaz ve tozdan birer disk oluşmuştu. Zamanla bu disklerin içinde de bazı bölgelerde madde topaklanmaları oldu. Bu topaklar giderek büyüdü. Bunlar dev gezegenlerin çevrelerinde dönen uydulara dönüştü. Gezegenlerin Güneş'in çevresindeki yörüngelerinin tümünün neredeyse aynı düzlemde olması gibi bu uydular da kendi gezegenlerinin çevresindeki disk şeklinde bir bulutsunun içinde oluşan yörüngeleri hep aynı düzlemdeydi ve hepsi de neredeyse kusursuz birer çember şeklindeydi. Bunlar normal (düzgün) oluşmuş uydulardır. Bir de Neptün'ün uydusu Triton gibi sıra dışı uydular vardır. Sıra dışı uydular oluşumlarının bir döneminde gaz devlerinin kütleçekim alanlarına girip onlardan birinin çevresinde yörüngeye oturan öngezegenlerdir. Triton'u dışarda tutarsak, bunların büyük bölümü buz ve kayadan oluşmuş küçük uydulardır.

Devlerin uyduları da, tıpkı devlerin kendileri gibi, aynı zamanda oluşmamıştır. Jüpiter'in Galilei ayları olarak bilinen dört büyük uydusu Io, Europa, Ganymede ve Callisto ilk ortaya çıkan uydulardır. Onların ardından Satürn'ün en büyük 7-8 uydusu, sonra Uranüs'ün en büyük 5 uydusu ve en son da Neptün'ün uyduları oluşmuştur.

Kar hattının ötesinde, gezegen, uydu ve kuyrukluyıldız oluşumları neredeyse tamamlanmak üzereyken, öngüneşe yakın bölgelerde bu süreç bütün hızıyla sürüyordu. Bu bölgede karasal gezegenlerin hammaddesini oluşturan maddeler, gaz devlerini, onların uydularını ve kuyrukluyıldızları oluşturan madde kadar bol değildi. O nedenle Jüpiter ile Satürn'ün oluşumu birkaç milyon yıl, Uranüs ile Neptün'ün oluşumu da 10 milyon yıl kadar sürmüşse, karasal gezegenlerin oluşumu onlarca milyon yıl, belki 100 milyon yıl kadar sürmüştür.

Güneş Sistemi'nin iç bölgelerinde 100.000 yıl içinde boyutları yüzlerce kilometreyi bulan yüzlerce asteroit oluşmuştu. Bunlardan bir bölümü güneş bulutsusunun öngüneşe en yakın bölgelerinde bir milyon yıl içinde neredeyse Merkür büyüklüğünde kaya ve metalden oluşan birkaç öngezegene dönüştü. Sonraki on milyon yıl içinde, şiddetli çarpışmaların ardından, geriye dört büyük öngezegen (Merkür, Venüs, Dünya ve Mars'ınkiler) kalmıştı. Bugünkü gezegen kütlelerinin yarısı kadar kütleleri olan bu öngezegenlerin, bugünkü hallerini alması çok uzun sürdü. Hatta Güneş'in bir ana kol yıldızı olarak yaşamına başlamasından sonra bile devam etti.

Kendi çevrelerinde gaz ve tozdan minik birer disk oluşturamadıklarından bu dört gezegenin hiç normal uydusu olamamıştır. Sonunda Venüs ile Dünya hemen hemen aynı boyutlarda iki gezegen olarak ortaya çıkmıştır. Mars onların yalnızca onda biri kadar kütleli olabilmiştir. Gezegenlerin görece kısa süren oluşumları tamamlandıktan sonra, onları günümüzdeki durumlarına getiren evrim süreçleri başlamıştır.

Gezegenlerin evriminin ilk 1,2 milyar yılı biraz şiddet dolu geçmiştir. Bu dönem gökbilimcilerin **ağır bombardıman evresi** diye adlandırdığı bir dönemdir. Oldukça seyrelmiş olmasına karşın, güneş bulutsusunda hâlâ küçüklü büyüklü çok sayıda asteroit yüksek hızlarla dolanıyordu. Bunlar 1,2 milyar yıl boyunca gezegenlere ve onların uydularına çarpıp durdular. Bu dönemde ne denli şiddetli çarpışmaların yaşandığını görmek için Ay'ın yüzeyine bakmak yeterlidir. Ay'da çapı yüzlerce kilometreyi bulan çok sayıda çarpma krateri vardır. 12 km derinliğinde ve 2500 km çapındaki Aitken Çanağı bütün Güneş Sistemi'ndeki en büyük çarpma kraterlerinden biridir ve kaya ve metalden oluşmuş yaklaşık 200 km çapında bir asteroidin çarpması sonucunda oluşmuştur. Aynı dönemde Dünya'ya bundan çok daha büyük birkaç asteroidin çarptığı tahmin ediliyor. Ama o dönemki çarpma kraterlerinden hiçbirinin izi artık kalmamıştır. Dünya'nın tektonik ve volkanik etkinlikleri, erozyon ve günlenme, ancak 200 dolayında ve görece genç çarpma kraterinin dışında hiçbir kraterden geriye iz bırakmamıştır. Bunların en yaşlısı 2,4 milyar yaşındadır. 30'u dışında hepsi son 500 milyon yıl içinde olmuştur; çapları da 15 m ile 300 km arasında değişir. Ay'da tektonik hareketler ve atmosfer olayları olmadığından (Ay'da atmosfer yoktur) oradaki yüzey şekilleri oluştukları haliyle hiç bozulmadan günümüze kadar gelebilmiştir.

Ağır bombardıman evresinin ilk 600 milyon yılı boyunca, asteroit ve kuyrukluyıldızlarla sürekli dövülen karasal gezegenlerin ve uyduların dış kabukları soğuyup katılaşmakla eriyik durumda kalmak arasında gidip gelmiştir. Hâlâ çok sıcak olan gezegenlerde ve uydularda ağır elementler merkeze doğru akmış (çökmüş), yüzeye yakın bölgelerde ve yüzeyde hafif elementler ve bileşikler kalmıştır. Bombardımanın ilk başlarında çok yoğun ve şiddetli yaşanan çarpışmalar zamanla seyrekleşmiş ve 3,3 milyar yıl önce sona ermiştir. Kuşkusuz bu tarihten sonra da gezegenlere ve uydulara birçok asteroit ve kuyrukluyıldız çarpmıştır; ama bunlar hem sayıca çok azdır, hem de kütleleri çok küçüktür.

Bombardıman evresinin çarpışmaların seyrekleştiği son birkaç yüz milyon yıllık döneminde, karasal gezegenlerde ilk atmosferler oluşmaya başlamıştır. Gaz devleri, zaten oluşumları sırasında disk şeklindeki güneş bulutsusunun içinde ilerlerken, topladıkları hidrojen ve helyum ile atmosferlerini oluşturmuşlardır. Bunlar bugüne kadar pek değişmeden gelmiştir. Aslında küçük karasal gezegenler de, zayıf kütleçekim kuvvetleriyle güneş bulutsusundan hidrojen ve helyum toplayarak, cılız birer atmosfer oluşturmuştur. Ne var ki zayıf kütleçekim kuvvetleri, güneş rüzgârının sürekli aşındırıcı etkisi karşısında bu cılız atmosferleri tutmayı becerememiştir. İlk birkaç yüz milyon yıldan sonra bombardımanın şiddetinin giderek azalmaya başlamasıyla karasal gezegenler de soğumaya başlamıştır.

Soğuma evrelerinde karasal gezegenlerde ikinci atmosferler ortaya çıkmıştır. Gezegenlerin iç bölgelerindeki gazların, volkanik etkinliklerle yüzeye çıkmasıyla oluşan bu yeni atmosferler karbonmonoksit, karbondioksit, azot ve su buharı açısından zengindi; az miktarda başka gazları da içeriyorlardı. Bombardıman sırasında çarpan kuyrukluyıldız ve asteroitler bol miktarda su getirmişlerdi. Bu ikinci atmosferler de varlıklarını birkaç yüz milyon yıl sürdürebildi. Zamanla bütün karasal gezegenlerin atmosferleri değişti. Merkür ve Ay kütleçekim kuvvetinin azlığından dolayı atmosferlerini tutamadılar ve uzaya kaçmalarını engelleyemediler. Venüs'ün atmosferi güçlü sera etkisi nedeniyle Dünya'nın atmosferinden 100 kat daha yoğun hale geldi; Mars'ın atmosferi de Dünya'nınkinin yüzde biri yoğunluğa düştü.

Dev gaz ve toz bulutunun çökmeye başlamasının üzerinden yaklaşık 40 milyon yıl geçtikten sonra Güneş ışımaya başlamış; 100 milyon yıl geçtikten sonra bütün gezegenler ve normal uydular oluşmuş; 1,3 milyar yıl geçtikten sonra da, gezegenlerin ve bazı uyduların atmosferleri de -bazıları hariç- son hallerini almaya başlamıştı. Bugünkü Güneş Sistemi ile karşılaştırıldığında, eksik kalanlar dev gezegenlerin halkaları ile bazı gezegenlerin sıra dışı uydularıydı.

Kuşkusuz en iyi bilinen halka sistemi Satürn'ünkidir. Hatta öteki gaz devlerinin de halkası olduğu genellikle bilinmez. Halkalar, bir gezegenin çevresinde, kendi yörüngesinde dönen iri kaya parçalarından küçük taşlara kadar değişik boyutlarda buzdan trilyonlarca göktaşının (döküntünün) oluşturduğu yapılardır. Gezegenlerin büyüklüğüyle karşılaştırıldığında, halkaların kalınlığı 40 katlı bir binanın yanında ancak bir kâğıdın kalınlığı kadar kalır. Dev gezegenlerin hepsinin halka sistemi vardır. Ne var ki bunların hepsi de çap, parlaklık, genişlik ve içerikleri açısından farklıdır. Halkaların büyük bölümü kendi gezegenlerinin "Roche sınırı" içinde yer alır. Bu sınır, bir gezegenin kütleçekiminin, yakınlardaki büyükçe bir asteroidi bir bütün olarak tutan kendi kütleçekimini yendiği, asteroidin gezegene yakın tarafına uygulanan kütleçekim kuvvetinin uzak tarafına uygulanandan büyük olması nedeniyle onu parçaladığı uzaklıktır. Bir başka deyişle bu halkaların içeriğini, yanlış zamanda yanlış yerde dolaşan uyduların, asteroitlerin ve kuyrukluyıldızların parçalanmış döküntüleri oluşturur. Ancak bu halkaların ne zaman oluştuğu hâlâ tam olarak bilinememektedir.

2) Güneş Sistemi

13. Gezegenlerin temel özellikleri nelerdir?

Gezegenlerin hepsi Güneş'in çevresindeki kendi yörüngesinde döner. Bu yörüngeleri Güneş'in baskın kütleçekim alanıyla birlikte öteki gezegenlerin az etkili kütleçekim alanları birlikte belirler. Yörüngeleri ve gezegenlerin hareketlerini matematiksel olarak doğru bir şekilde ilk açıklayan kişi Johannes Kepler olmuştur. Kepler gezegenlerin yörünge hareketlerini gösteren ve kendi adıyla anılan üç yasa bulmuştur:

1) Gezegenler Güneş'in çevresinde elips şeklinde yörüngelerde döner. Güneş, bu elipslerin odaklarından birinde yer alır.

2) Bir gezegeni Güneş'e bağlayan varsayımsal bir doğru, gezegen yörüngesi boyunca ilerlerken eşit zaman aralıklarında eşit miktarda alanı tarar. Bir başka deyişle gezegenlerin hızı Güneş'e yaklaştıkça artar, uzaklaştıkça azalır.

3) Bir gezegenin Güneş'in çevresindeki dönüş periyodunun (Dünya'nınki bir yıldır) karesi ile Güneş'e uzaklığının kübü orantılıdır.

Kepler'in yasalarının tümü yalnızca gözlemlere, temel olarak da yıllarca asistanlığını yaptığı Tycho Brahe'nin eşsiz gözlemlerine dayanıyordu. Kepler bir matematikçi ve gökbilimciydi; gezegenlerin yörünge hareketlerine yol açan fiziksel nedenler hakkında hiçbir fikri yoktu. Gezegenlerin neden bu yörüngelerde döndüğünü açıklayan kişi Isaac Newton olmuştur. Ağaçtan yere düşen bir elmayla Ay'ı Dünya'nın çevresindeki yörüngede tutan kuvvetin aslında aynı olduğu düşüncesinden yola çıkan Newton, Evren'deki temel kuvvetlerden biri olan kütleçekim kuvvetini açıklayan ünlü yasayı bulmuştur.

Gezegen yörüngeleri basık birer elips değil de çembere yakın elipslerdir. Bu elips yörüngelerin basıklıkları birbirinden farklıdır. Venüs'ün yörüngesi neredeyse kusursuz bir çembere yakındır. Ama Güneş'e ondan daha yakın Merkür'se oldukça basık bir elips yörüngede ilerler.

Soru: Kepler denklemi nedir? Bu denklem hangi amaç için kullanılır? (Denklemin çözümü yapılmadan anlatılacak) (Yüksek Lisans Giriş Sınavı)

Gezegenlerin Güneş'in çevresinde döndükleri yörüngeler aynı düzlem üzerinde değildir; bunların çok az da olsa birbirleriyle açı farkı vardır. Aslında bu açı farkları çok küçüktür ve neredeyse hepsi de aynı düzlemde dönüyor denebilir. Dünya'nın Güneş'in çevresinde döndüğü yörünge düzlemi -ki buna ekliptik düzlem ya da kısaca ekliptik denir- temel alınırsa, Merkür dışındaki gezegenlerin düzlemlerinin 3,5°lik bir bantta yer aldığı görülür. Dünya'nınkine en yakın yörünge düzlemi ondan yalnızca 0,75° farklı bir düzlemde dönen Uranüs'ünkidir; açısal olarak ekliptiğe en uzak yörünge düzlemi de 7° ile Merkür'ünkidir.

Bütün gezegenler aynı zamanda kendi eksenlerinde de döner. Bu dönüşleri de tıpkı Güneş'in çevresindeki ilerleyişleri gibi yine, Güneş Sistemi'ne yukarıdan bakıldığında saatin tersi yöndedir. Bu kuralı Venüs ile Uranüs bozar. Venüs, öteki gezegenlerin tam tersi yönde döner; ki bu durumun açıklanması gökbilimcileri biraz zora sokar. Uranüs'ünse ekseni ekliptiğe neredeyse paraleldir; kuzey kutbu Güneş'e dönük bir biçimde, yani öteki gezegenlerin eksen dönüş yönlerine dik açıyla döner. Dev gezegenlerin kendi eksenlerindeki dönüşleri, karasal gezegenlere göre çok daha hızlıdır.

Eksen dönüşünün gezegenler üzerindeki temel etkisi, onları, ekvator bölgelerini şişkinleştirerek, küre şeklinden uzaklaştırmasıdır. Şişkinliğin miktarı gezegenin kendi eksenindeki dönüş hızına olduğu kadar, gezegeni oluşturan maddelerin sağlamlığına ve dayanıklılığına da bağlıdır. Ekvator bölgesindeki şişkinlik bütün gezegenlerde görülür. Ama en belirgin olarak Satürn'de gözlenir. Bu dev gezegen kendi eksenindeki bir turunu yalnızca 10,5 saatte tamamlar. Dünya'nın geoid şeklinde olmasının temel nedeni de yine eksenindeki dönüşüdür.

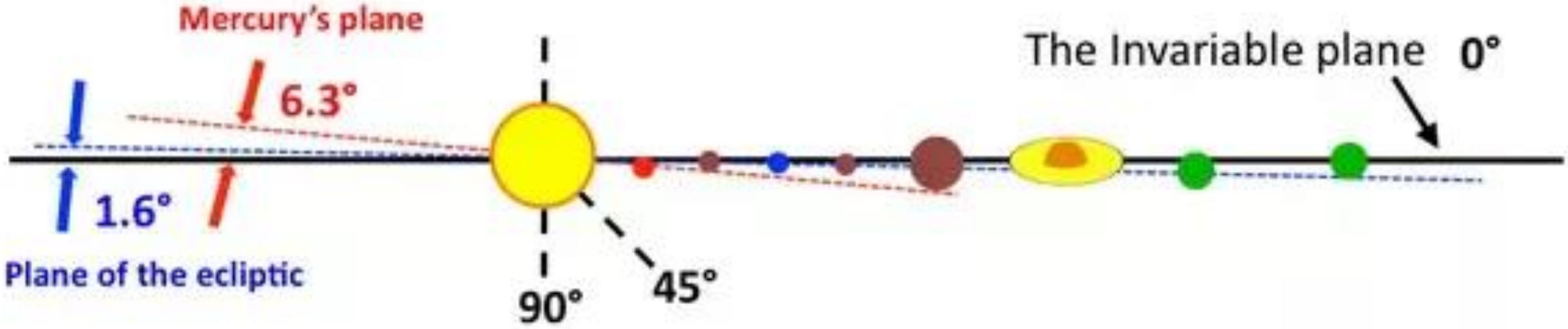
Ay'ın Dünya'nın geoid şekli üzerindeki kütleçekim etkisi Dünya'nın ekseninin 26.000 yıllık bir periyotla dairesel bir salınım yapmasına (presesyon) yol açar. Bir başka deyişle yeryüzünden bakıldığında Kutup Yıldızı (Polaris) her zaman kuzeyi göstermemiştir ve göstermeyecektir. İklimbilimciler bu salınımın yeryüzündeki uzun dönemli iklim değişimlerinin nedenlerinden biri olabileceğini düşünmektedir.

Gezegenlerin eksenleri Güneş çevresinde döndükleri düzlemlere dik değildir. Örneğin Dünya'nın ekseninin ekliptik düzleme dik olan doğruyla 23,5°lik bir açı farkı vardır. Bu durum bütün gezegenler için geçerlidir; hepsinin ekseni de az ya da çok eğiktir. Gezegenlerde iklimlerin olmasının temel nedeni eksenlerdeki bu eğikliktir.

1960'lı yıllardan beri giderek artan uzay araçlı Güneş Sistemi araştırmaları sayesinde, gezegenlere ilişkin bilgilerimiz çok artmıştır. Öyle ki Güneş Sistemi'ndeki cisimler birer gökbilim nesnesi olmaktan çıkmış, jeofiziksel nesnelere dönüşmüşlerdir. Artık onların da birçok fiziksel özelliği, gözlemlere dayanan jeofiziksel yöntemlerle incelenmektedir.

Bir gezegen kendi kütleçekim kuvvetinin etkisi altındaki bir gökcismidir. Bir başka deyişle gezegenin kendi kütlesinden kaynaklanan kütleçekim kuvveti onu içe doğru çökertmeye çalışır. Ama bu çökmeye karşı koyan, gezegenin dönmesinden, atomların dayanıklılığına ve iç enerjilerine kadar birtakım başka kuvvetler vardır. Gezegen bu kuvvetlerin dengelendiği büyüklükteki bir gökcismidir. Buna hidrostatik denge denir ve gezegenlerin küre (ya da küreye benzer) şekillerinin nedeni bu hidrostatik dengedir. Karasal gezegenlerin yüzeylerindeki (kabuklarındaki) en alçak bölgelerle en yüksek noktalar arasındaki 10-15 km'lik yükseklik farkı (Dünya için Pasifik'teki Mariana Hendeği ile Everest Tepesi arasındaki ~20 km) gezegenlerin büyüklüklerinin yanında ihmal edilebilecek kadar küçük kalır ve gezegenlerin küresel olmadıklarını göstermez.

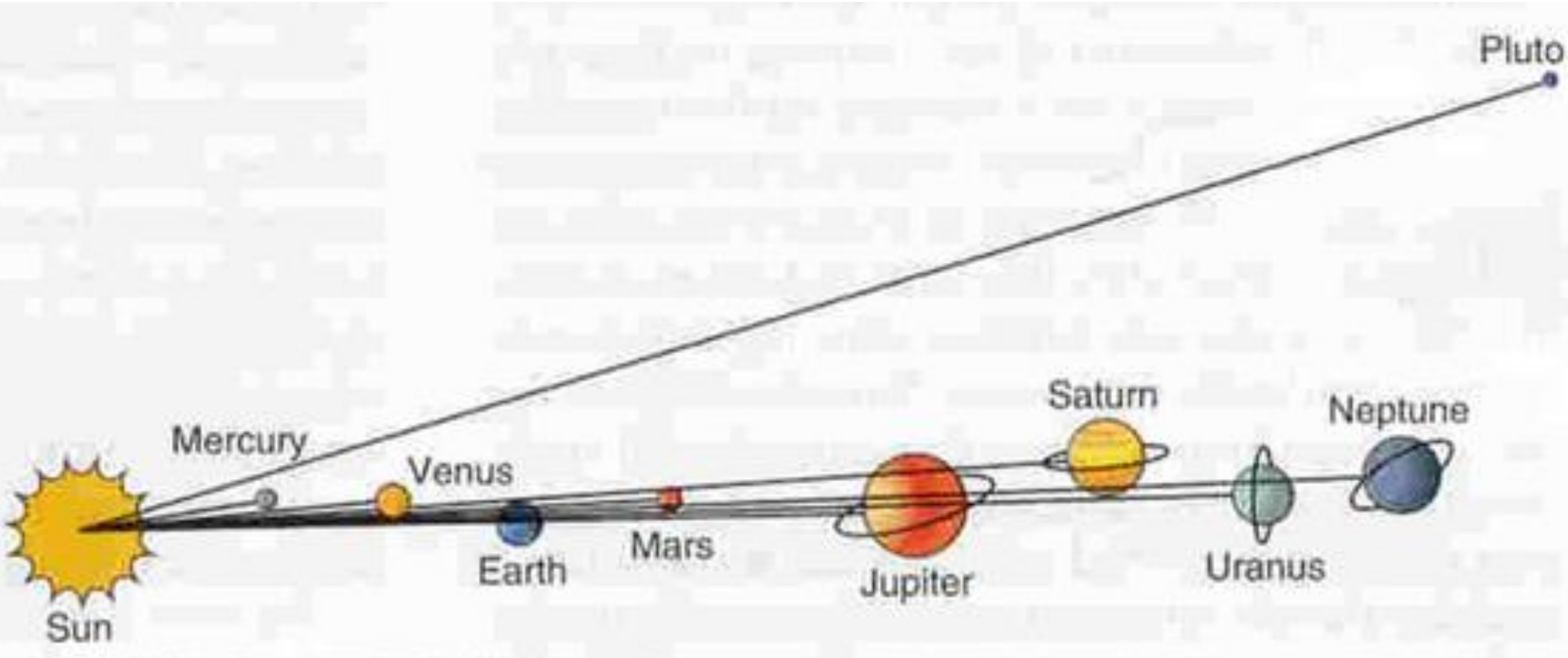
Orbital planes of the planets

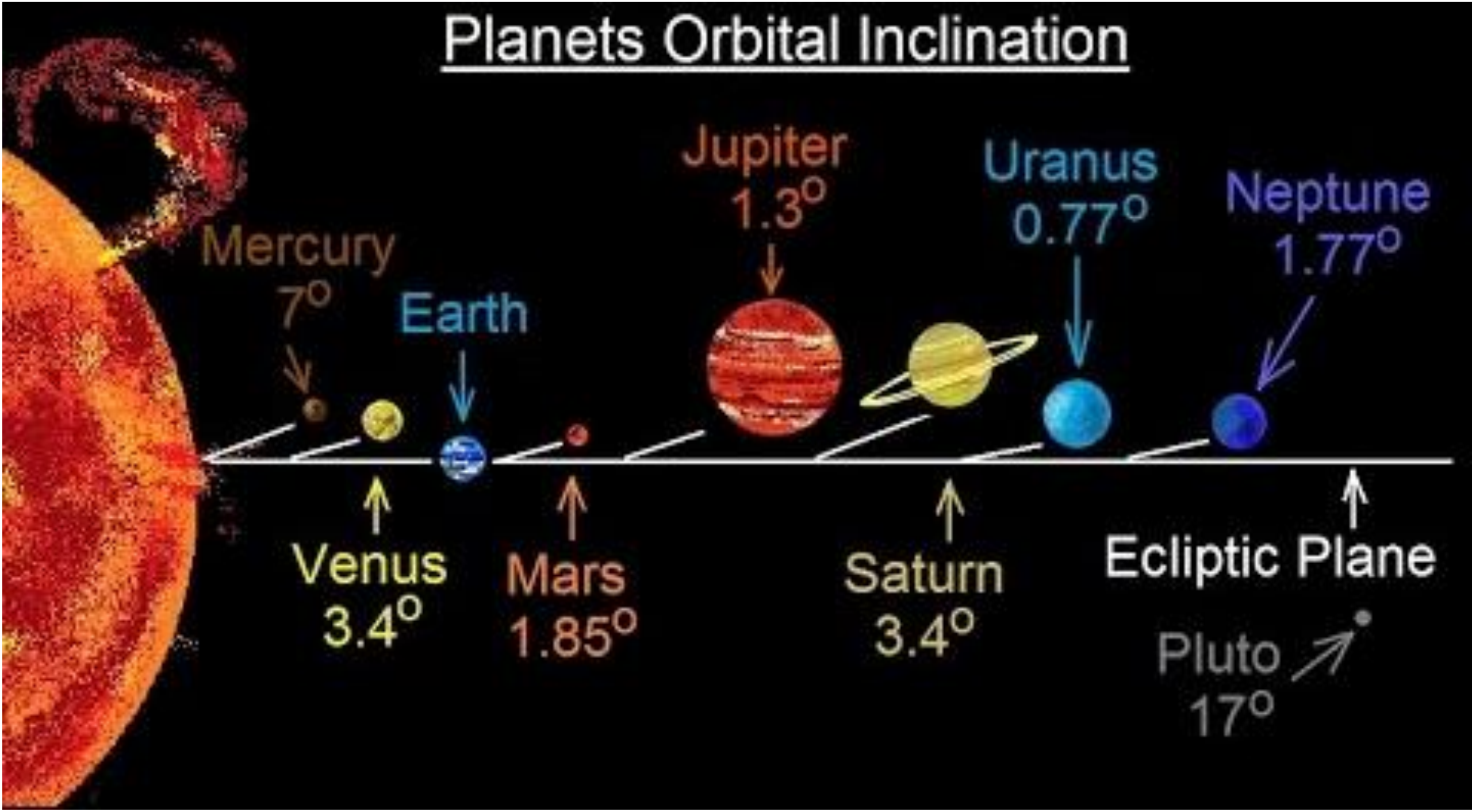


Mercury	6.3°	Uranus	1.0°
Venus	2.2°	Saturn	0.9°
Mars	1.7°	Neptune	0.7°
Earth	1.6°	Jupiter	0.3°

Dünya 0 (ekliptik)
Merkür 7
Venüs 3,39
Satürn 2,49
Neptün 1,77
Mars 1,85
Jüpiter 1,3
Uranüs 0,77

Gezegen düzlemlerinin ekliptik düzlemle yaptığı açılar.


Pluto
Saturn
Neptune
Mercury
Venus
Earth
Mars
Jupiter
Uranus
Sun

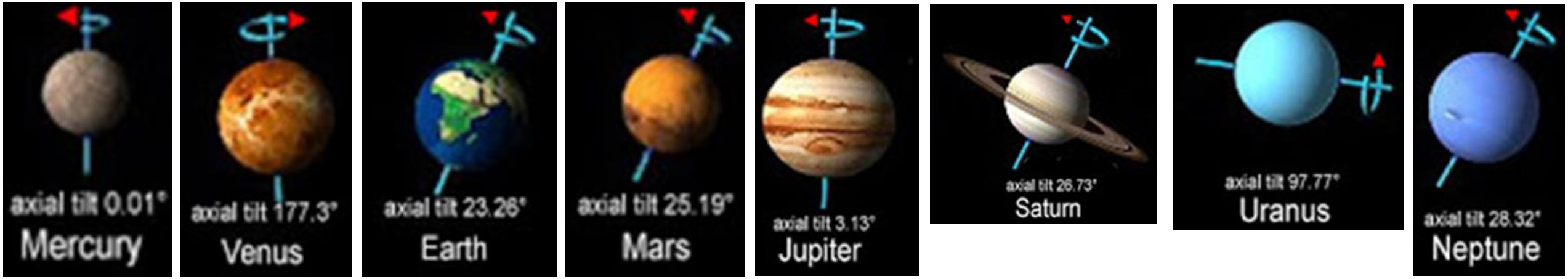

Planets Orbital Inclination
Mercury
7°
Earth
Jupiter
1.3°
Uranus
0.77°
Neptune
1.77°
Venus
3.4°
Mars
1.85°
Saturn
3.4°
Ecliptic Plane
Pluto
17°

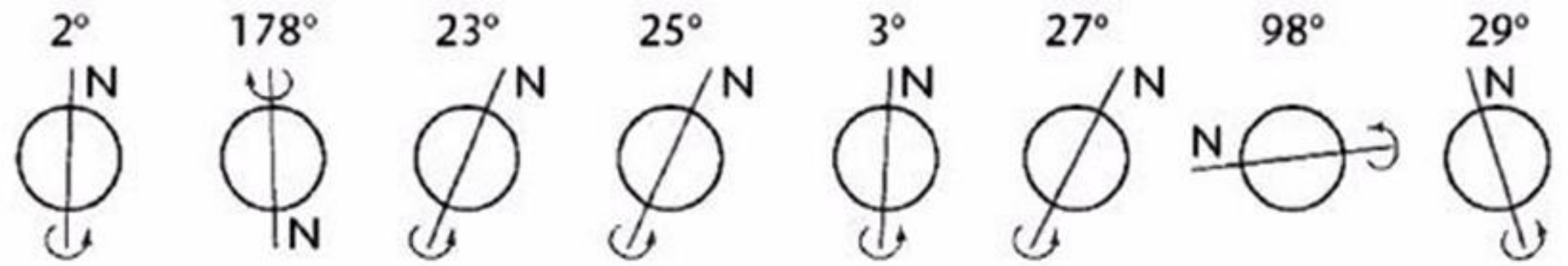
Karasal gezegenlerin iç yapısı sismik dalgalarla incelenir. Bir gezegenin yüzeyine yerleştirilen duyarlı sismometrelerle o gezegenin iç yapısı hakkında önemli bilgiler (iç tabakaların sınırları, o tabakalardaki maddenin katı ya da sıvı halde bulunuşu vs.) elde edilir. Kuşkusuz hakkında en çok şey bilinen gezegen Dünya'dır. Ama Ay'daki, Venüs'teki ve Mars'taki depremler de kaydedilmiştir.

Karasal gezegenlerin içlerinde birer demir-nikel çekirdek bulunur. Gezegenler arasında göreli olarak en büyük demir-nikel çekirdek Merkür'ünkidir; en küçük de Mars'ınkidir. Dünya'nın çekirdeği iç çekirdek ve dış çekirdek olarak iki bölümden oluşur. Dış çekirdek sıvı haldedir. İç çekirdekse katıdır. Karasal gezegenlerin ortalama yoğunlukları 3,5-5,5 g/cm^3 arasındadır.

Dev gezegenlerin iç yapısı sismik dalgalarla incelenemez; çünkü onların katı bir yüzeyi yoktur. Onun yerine çevrelerinde dolanan bir uydunun ya da uzay aracının izlediği yörüngeye bakılır ve buradan kütleçekim alanına ilişkin bilgi edinilir. Bu da gezegenin iç yapısına ilişkin bir görüş verir.

Hacimlerinin büyük bölümünü hidrojen ve helyum oluşturduğundan, dev gezegenlerin ortalama yoğunlukları oldukça düşüktür. Örneğin Satürn'ün ortalama yoğunluğu 0,7 g/cm^3'tür (Eğer su dolu dev bir kabın içine konabilseydi, Satürn batmaz, yüzerdi).





Gezegenlerin eksenleri de birbirlerinden farklıdır. Kuşkusuz en garip olanlar Venüs'ünkiyle Uranüs'ünkidir.

Bu dev gezegenlerin merkezlerinde, silisyum bileşiklerinden (kaya) oluşan birkaç Dünya büyüklüğünde birer çekirdek vardır. Bu çekirdek metalik hidrojen tabakasıyla kuşatılmıştır. Aşırı basınçtan dolayı hidrojen normal H2 şeklindeki molekül yapısında değildir; atomlarına ayrılmıştır. Bu haliyle hidrojen, elektriksel olarak iletkendir. Dev gezegenlerin manyetik alanlarının kaynağının bu metalik hidrojen tabakası olduğu düşünülmektedir.

Uranüs ve Neptün'ün iç basınçları düşük olduğundan onlarda metalik hidrojen tabakası olmayabilir. Onun yerine çekirdeği buzlardan (su, metan, amonyak buzları karışımı) oluşan bir tabaka sarar.

Devlerin en üst katmanı, birkaç yüz kilometre kalınlığındaki atmosferleridir.

Gezegenlerin iç sıcaklıkları, yüzey sıcaklıklarından çok daha yüksektir. Örneğin Dünya'nın çekirdeğindeki sıcaklık 4700°C, Jüpiter'in çekirdeğindeki sıcaklık da 30.000°C kadardır. Bu ısının bir bölümü gezegenlerin oluşumlarından kalmadır. Büyük bölümü de radyoaktif elementlerin bozunması sırasında ortaya çıkar.

Gezegenlerin yüzeylerini birkaç jeolojik süreç şekillendirir. Bunlar kıta kayma hareketleri, volkanik etkinlikler, meteorit çarpmaları ve iklimdir. Gezegen yüzeylerinin yaşı bu süreçlere göre değişir. Kıta kayma hareketlerinin hâlâ sürdüğü tek gezegen Dünya'dır. Öteki karasal gezegenlerde bu hareketler ya hiç başlamamıştır ya da bir süre önce sona ermiştir. Volkanik etkinlikler günümüzde Dünya yüzeyinin şekillenmesinde ikincil önemdedir. Ancak geçmişte çok daha önemli bir rolü vardı. Günümüzde Jüpiter'in uydusu Io'da, şiddetli yanardağ patlamaları, uydunun yüzeyini sürekli değiştirmektedir. Ay'ın tersine Mars ve Venüs'te yanardağlar vardır.

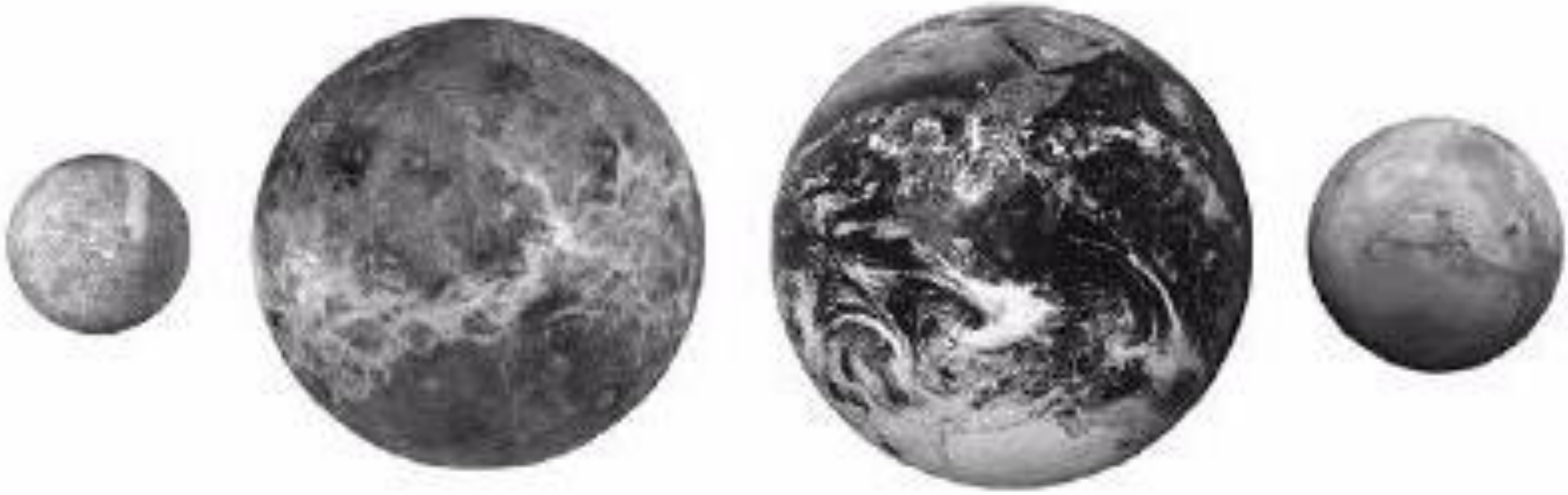
Asteroitler karasal gezegenleri sürekli bombardıman eder. Ama bunun da sıklığı zaman içinde iyice azalmıştır. Giderek de azalmaktadır. Bu bombardımanın en güzel örneklerine Ay'ın ve Merkür'ün yüzeylerinde rastlanır. Dünya'nın yüzeyinde görülebilen çok az sayıda çarpma krateri vardır. Çünkü atmosferindeki hava olaylarının yol açtığı erozyon onları birkaç milyon yıl gibi jeolojik açıdan çok kısa zaman dilimlerinde ortadan kaldırır.

Aynı durum Venüs için de geçerlidir. Hatta Venüs'ün atmosferi öyle kalın ve yoğundur ki, çapı 50 m'nin altında olan göktaşları daha yüzeye ulaşamadan buharlaşır. O nedenle Venüs'teki en küçük çarpma kraterlerinin çapı 1,5 km dolayındadır. Daha küçük krater bulunmaz. Mars'ın atmosferi çok incedir. Ama Kızıl Gezegen'in yüzeyini de sık sık ortaya çıkan çok güçlü ve zaman zaman da bütün gezegeni kaplayan fırtınalar şekillendirir. Merkür'ün dışında bütün gezegenlerin atmosferi vardır. Atmosferin içeriği, yoğunluğu ve yapısı gezegenden gezegene değişir.

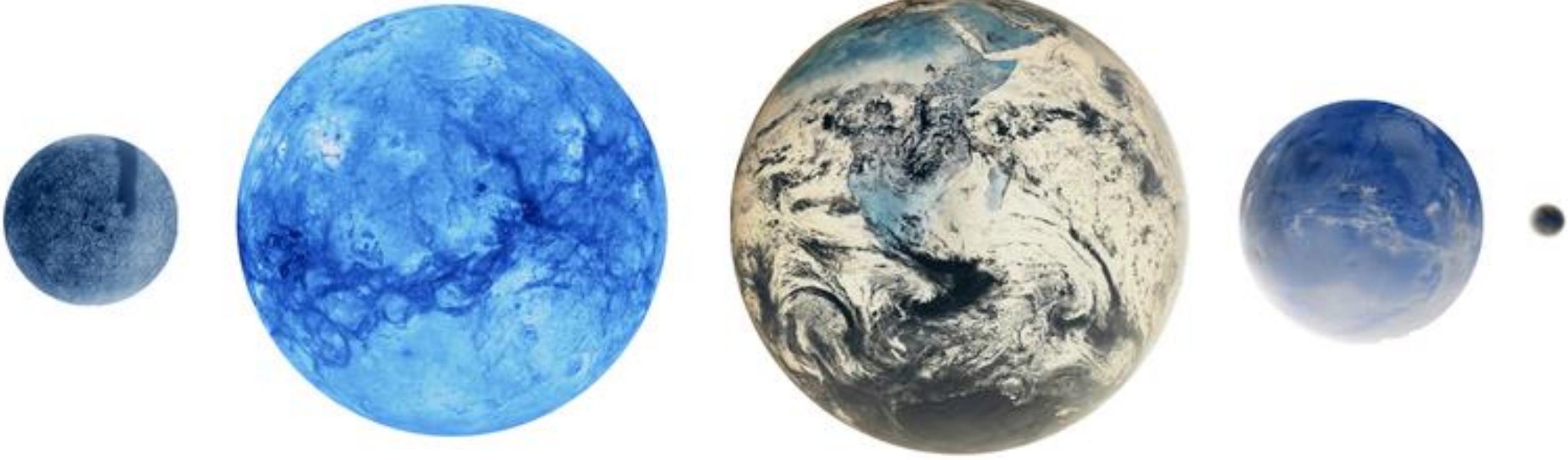
Gezegenlerin çoğunda bulunan önemli bir özellik de, gezegenin yapısından kaynaklanan bir manyetik alanın olmasıdır. Gezegenlerin manyetik alanları Güneş'in manyetik alanıyla sürekli etkileşim içindedir. Ancak gezegenler Güneş'ten çok uzaktır ve Güneş'in manyetik alanının gezegenlerin manyetik alanları üzerindeki etkisi önemsiz kalır. Ne var ki Güneş, gezegenlerin manyetik alanlarını asıl güneş rüzgârıyla etkiler. Uzay araçlarının gezegenlere hem yakın hem de uzak bölgelerde yaptığı manyetik alan ve güneş rüzgârı ölçümleri sayesinde, gezegenlerin manyetik alanlarına ilişkin ayrıntılı bir resim oluşmuştur.

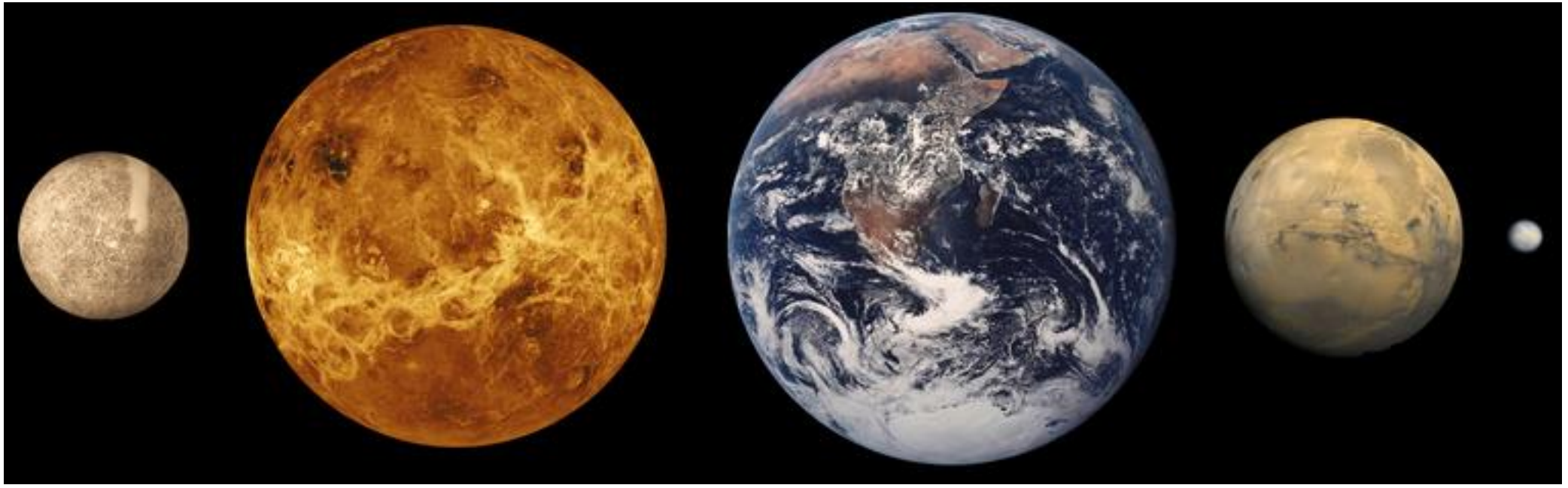
Gezegenlerin manyetik alanları ancak gezegenden kısa bir mesafe öteye kadar etkilidir ve şeklini korur. Sonra güneş rüzgârının etkisiyle bu manyetik alanın şekli bozulur. Şekli, yan yatmış bir gözyaşı damlasını andıran bu alana manyetosfer denir. Bir gezegenin en dış sınırını o gezegenin manyetosferi oluşturur. Büyüklüğü ve şekli, gezegenin manyetik alanına ve güneş rüzgârına bağlıdır. Güneş rüzgârının Dünya dolaylarındaki hızı 400 km/s kadar ve yoğunluğu da yaklaşık 10 parçacık/cm^3'tür. Ama bu iki nicelik de Güneş'in etkinlik durumuna göre zaman içinde değişir.

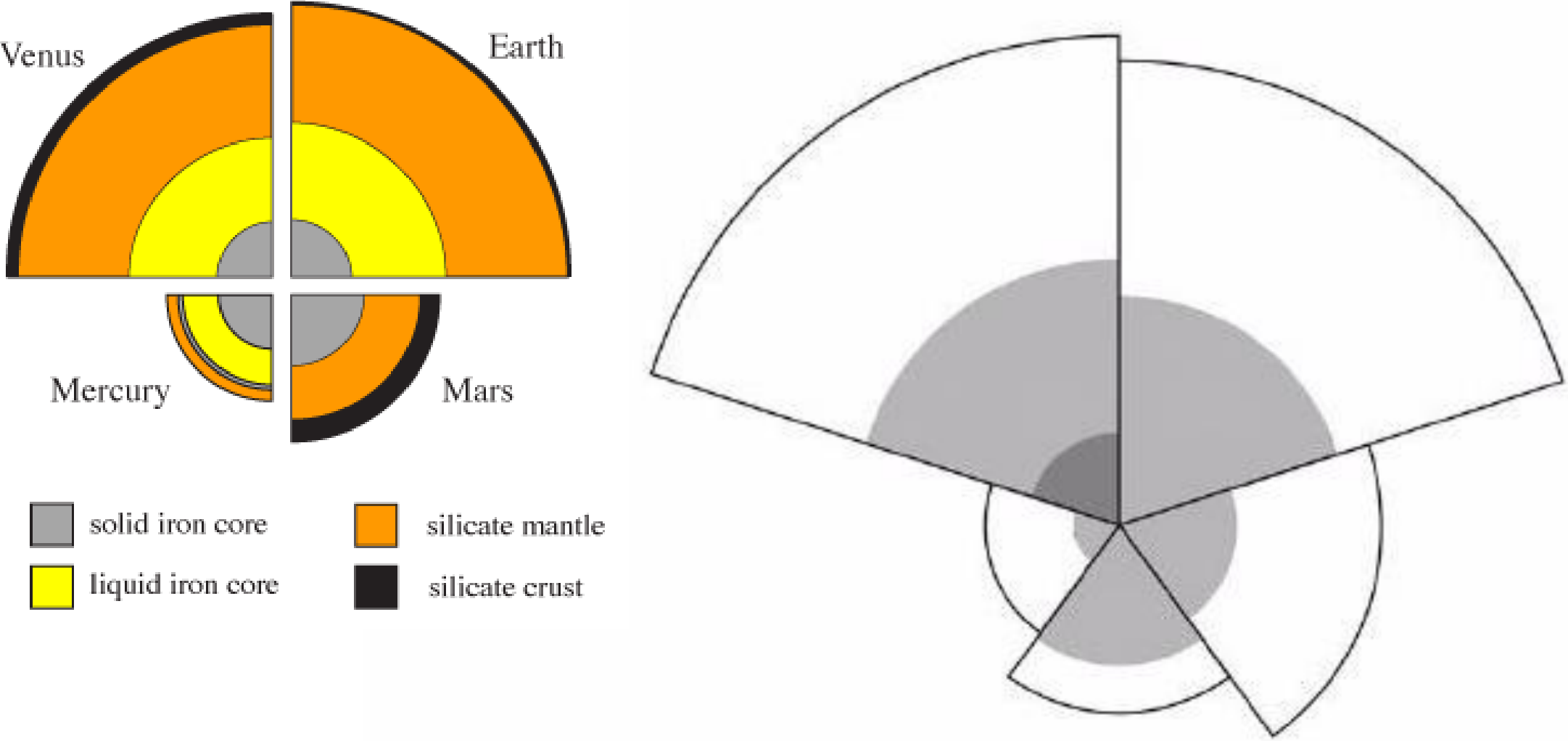
Gezegenlerin manyetik alanlarının şiddeti çok değişiktir. Hatta bazılarının manyetik alanları yoktur. Ayrıca gezegenlerin eksenlerine göre manyetik alanın konumlanışı da farklıdır. Satürn'ün dönme ekseni manyetik ekseniyle çakışır, yani coğrafi kutuplarıyla manyetik kutupları üst üstedir. Dünya ile Jüpiter'de iki eksen arasında 10 derece kadar bir fark bulunur. Uranüs ile Neptün'deyse bu açı farkı 50 dereceye kadar çıkar.



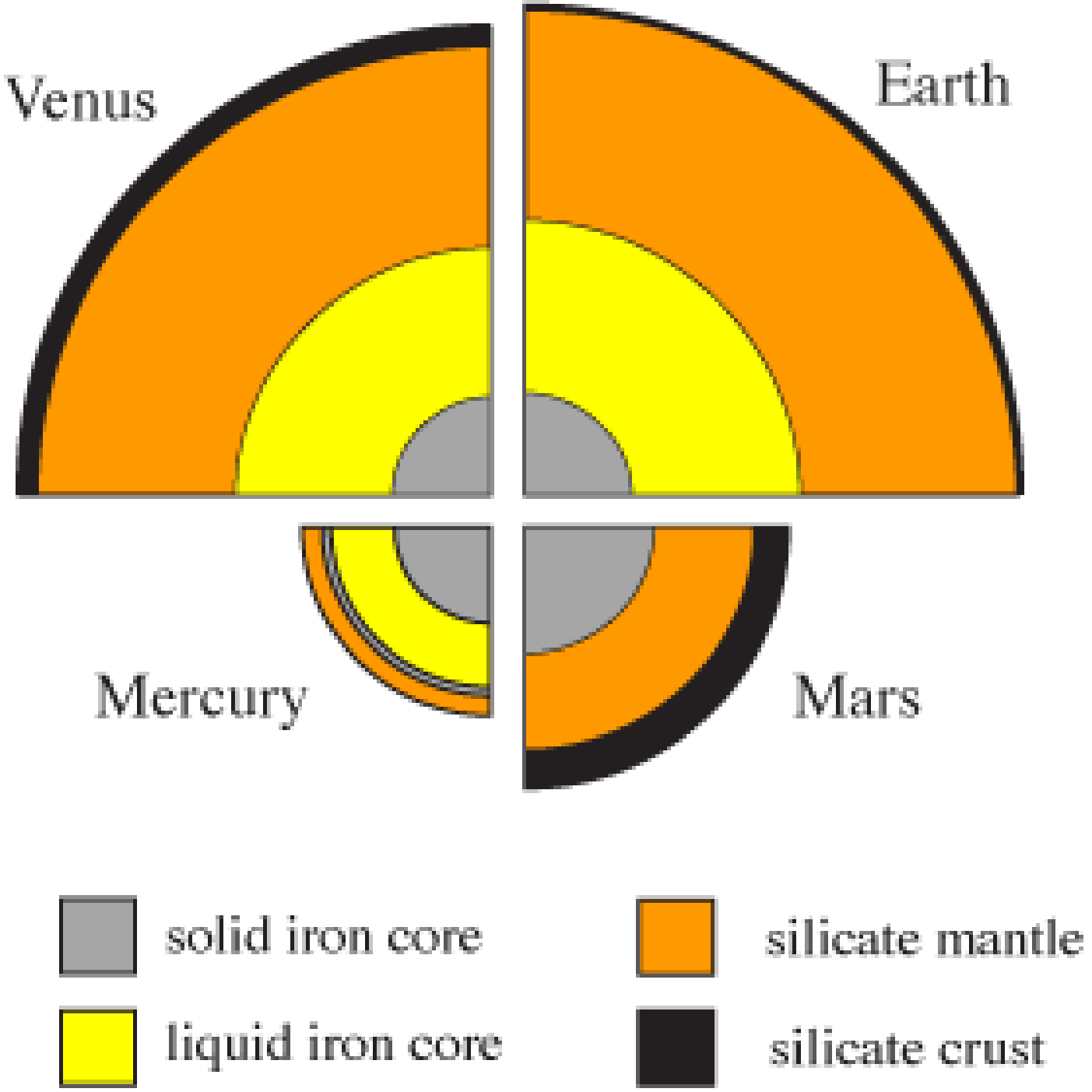
Karasal gezegenler







Karasal gezegenlerde -ve Ay'da- çekirdeğin gezegen hacmine oranı.

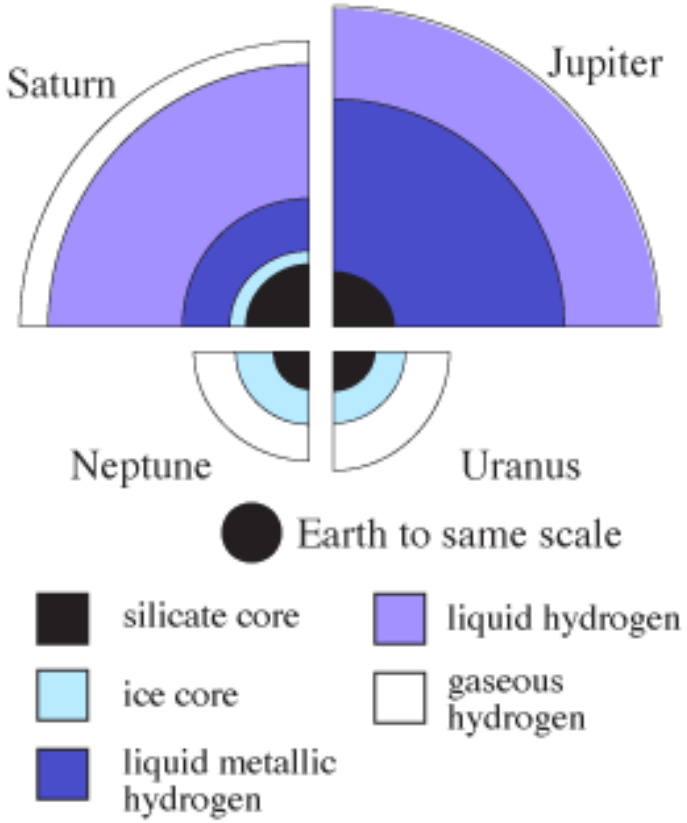

Venus
Earth
Mercury
Mars
solid iron core
liquid iron core
silicate mantle
silicate crust

Jüpiter'in bir manyetik alanını olduğu 1956'da -Dünya'nınki de 1958'de- fark edilmiştir. Jüpiter'in çevresinde güneş rüzgârı, Dünya çevresindekinin ancak yüzde 4'ü kadar etkilidir. Jüpiter'in kutuplarında da tıpkı Dünya'dakilere benzer auroraların oluştuğu gözlenmiştir. Satürn'ün manyetik alanıysa 1979'da Pioneer 11'in ölçümleri sayesinde keşfedilmiştir. Hubble Uzay Teleskopu sayesinde de kutuplarındaki auroralar gözlenebilmiştir. Uranüs ile Neptün'ün manyetosferleri Voyager 2'nin ölçümleriyle ortaya çıkmıştır. Bu uzaklıkta güneş rüzgârının çok hafifleyen etkisi nedeniyle bu dev gezegenlerin manyetik alanlarının manyetosferleri üzerinde daha büyük bir etkisi vardır.

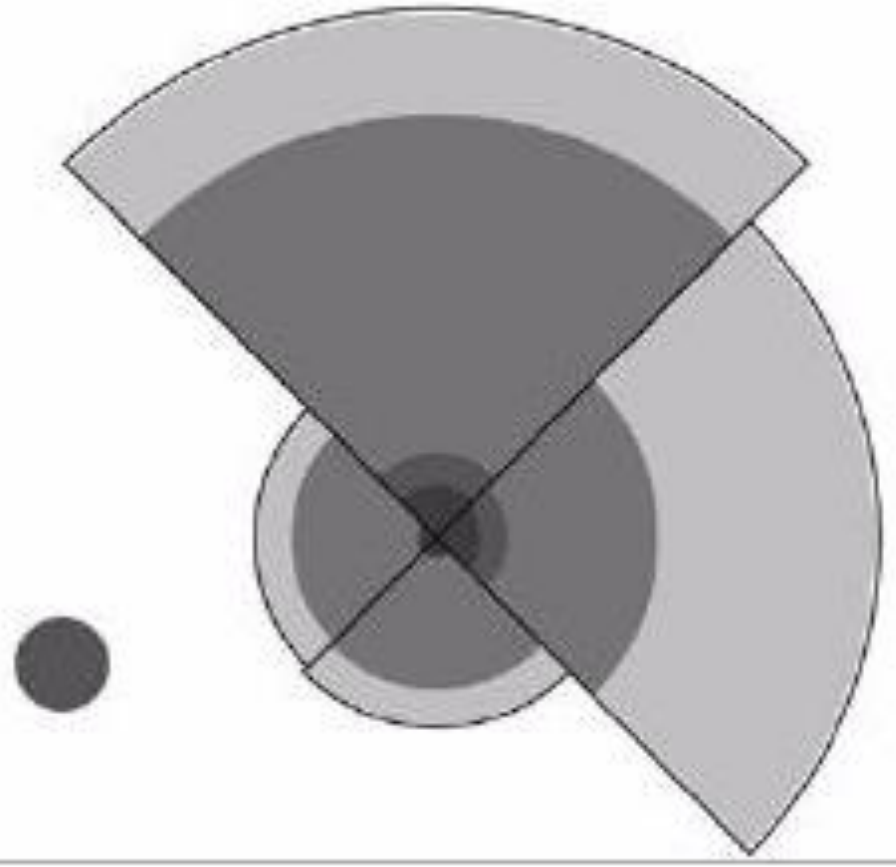
Güneş Sistemi yıldızlar arası uzayda (gökadanın merkezinin çevresindeki yörüngesinde) bir bütün olarak ilerlerken, zayıf da olsa bir manyetik alanın etkisinde kalır. Güneş'in manyetik alanı ve güneş rüzgârı bu zayıf manyetik alanın etkisini daha da zayıflatır.

Ay gibi ne koruyucu bir atmosferi ne de bir manyetik alanı olan cisimlerin yüzeyleri güneş rüzgârının yıpratıcı etkisine açıktır. Öte yandan gezegenlerin büyük bölümünün hem atmosferi hem de manyetik alanı vardır.

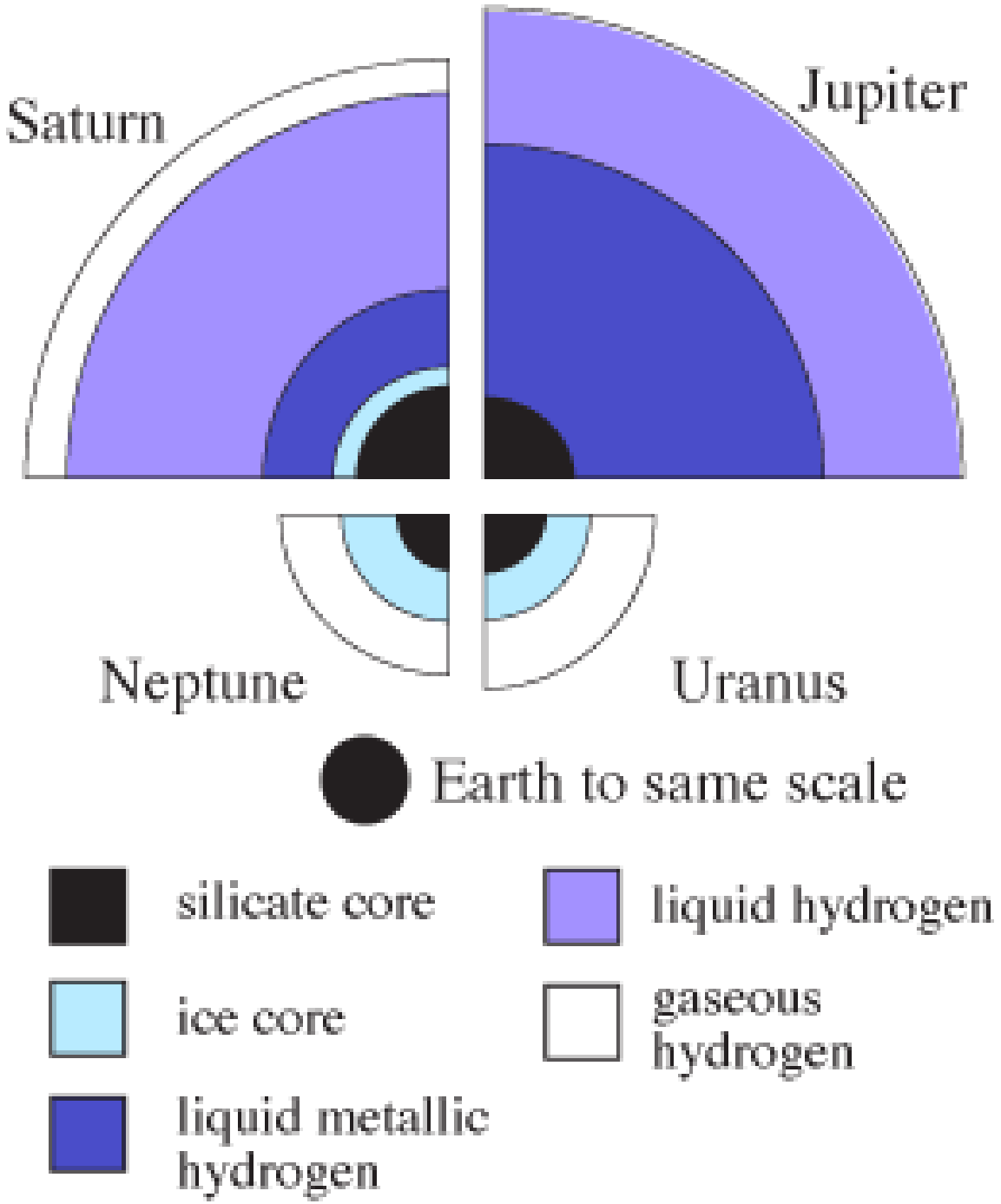
Bir gezegenin yüzeyinin ortalama sıcaklığını belirleyen iki temel etmen vardır. Bunlardan birincisi, gezegenin Güneş'e olan uzaklığıdır. Yörüngesi Güneş'ten uzak olan gezegenlerin ortalama yüzey sıcaklığı da düşük olur. İkinci etmen de gezegenlerin atmosferinin içeriğidir; çünkü Güneş'ten ışınlarla gelen ısının ne kadarının gezegen yüzeyinde tutulacağını atmosferin içeriği belirler. Örneğin Merkür'ün yörüngesi, Güneş'e Venüs'ünkinden daha yakındır. Bu durumda ortalama yüzey sıcaklığının daha yüksek olması beklenir. Ne var ki Merkür'ün yok denecek kadar ince bir atmosferi varken Venüs'ün çok yoğun bir atmosferi vardır. Bu yoğun atmosferin yarattığı sera etkisi nedeniyle Venüs'ün ortalama sıcaklığı 470 derecenin üstündedir. Bu yüzey sıcaklığıyla Venüs, Güneş Sistemi'nde yüzeyi en sıcak gezegendir.

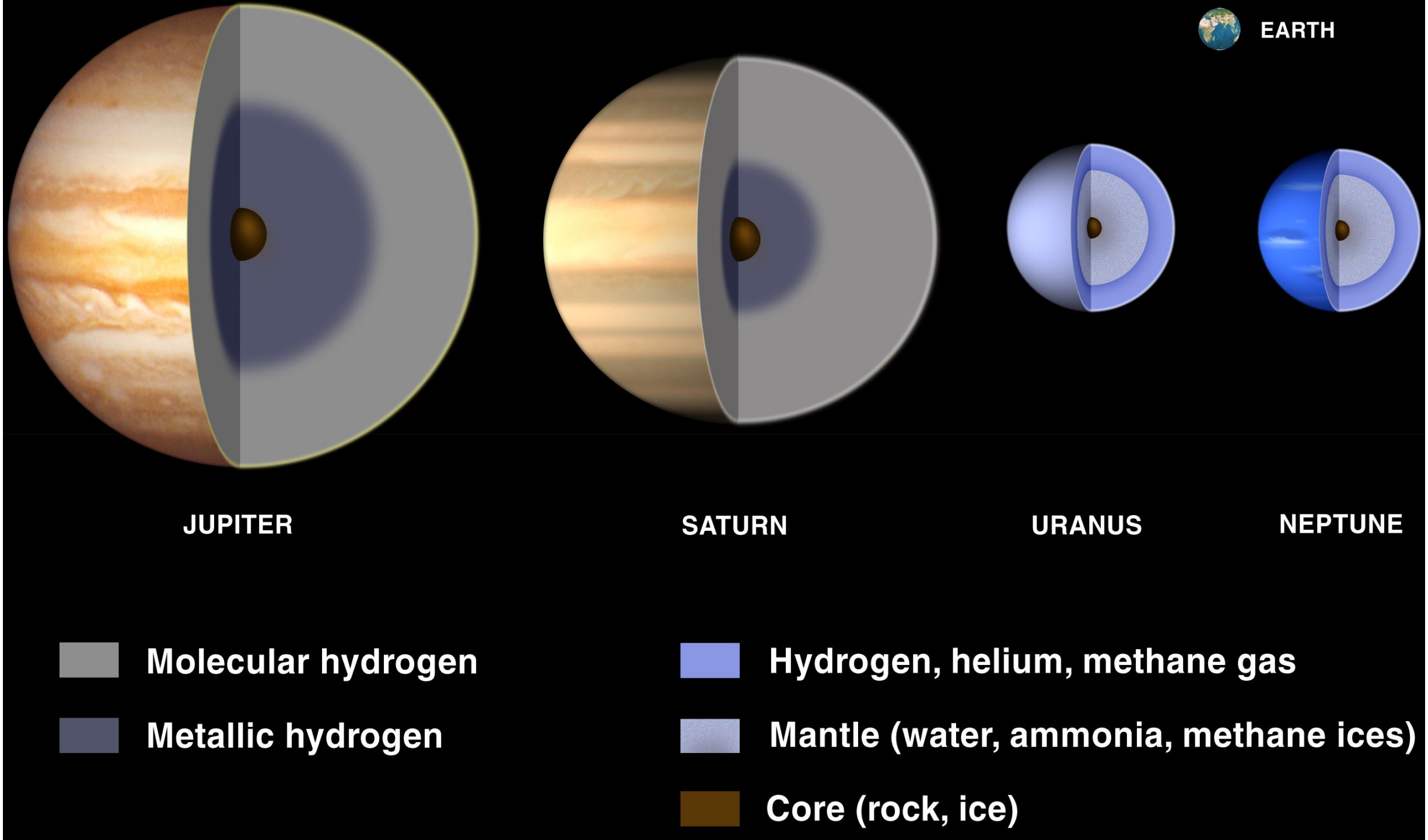


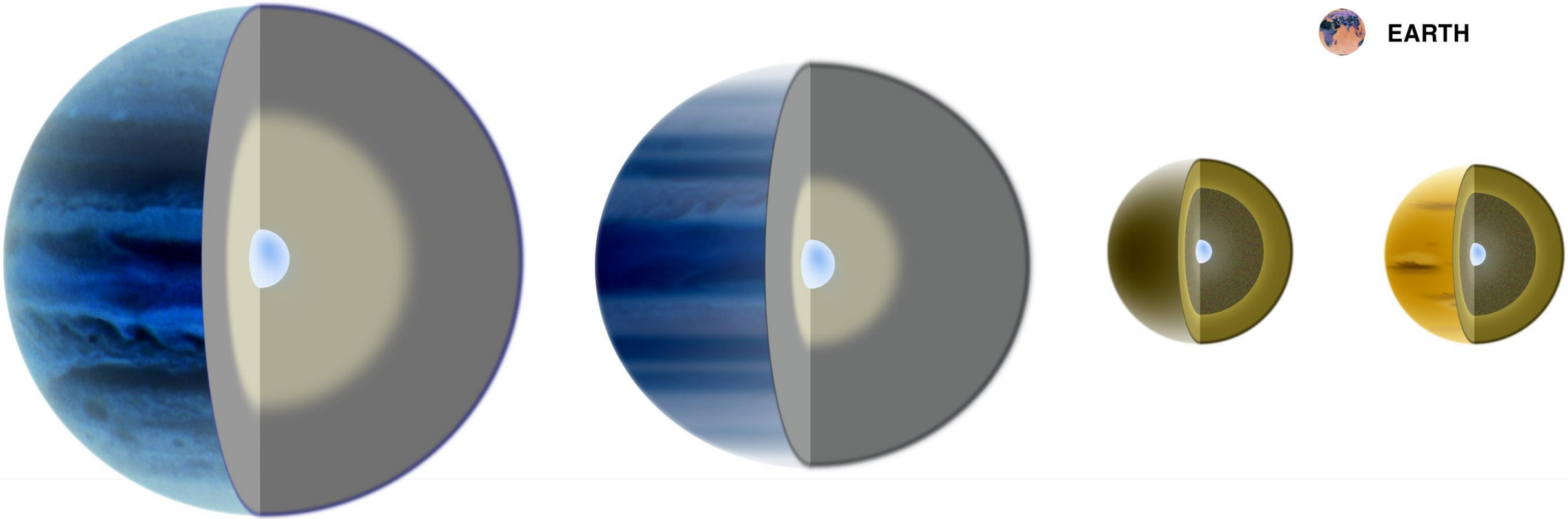
Jüpiter
Satürn
Uranüs
Neptün
Dünya
Atmosfer
Moleküler hidrojen
Metalik hidrojen
Buz
Kaya

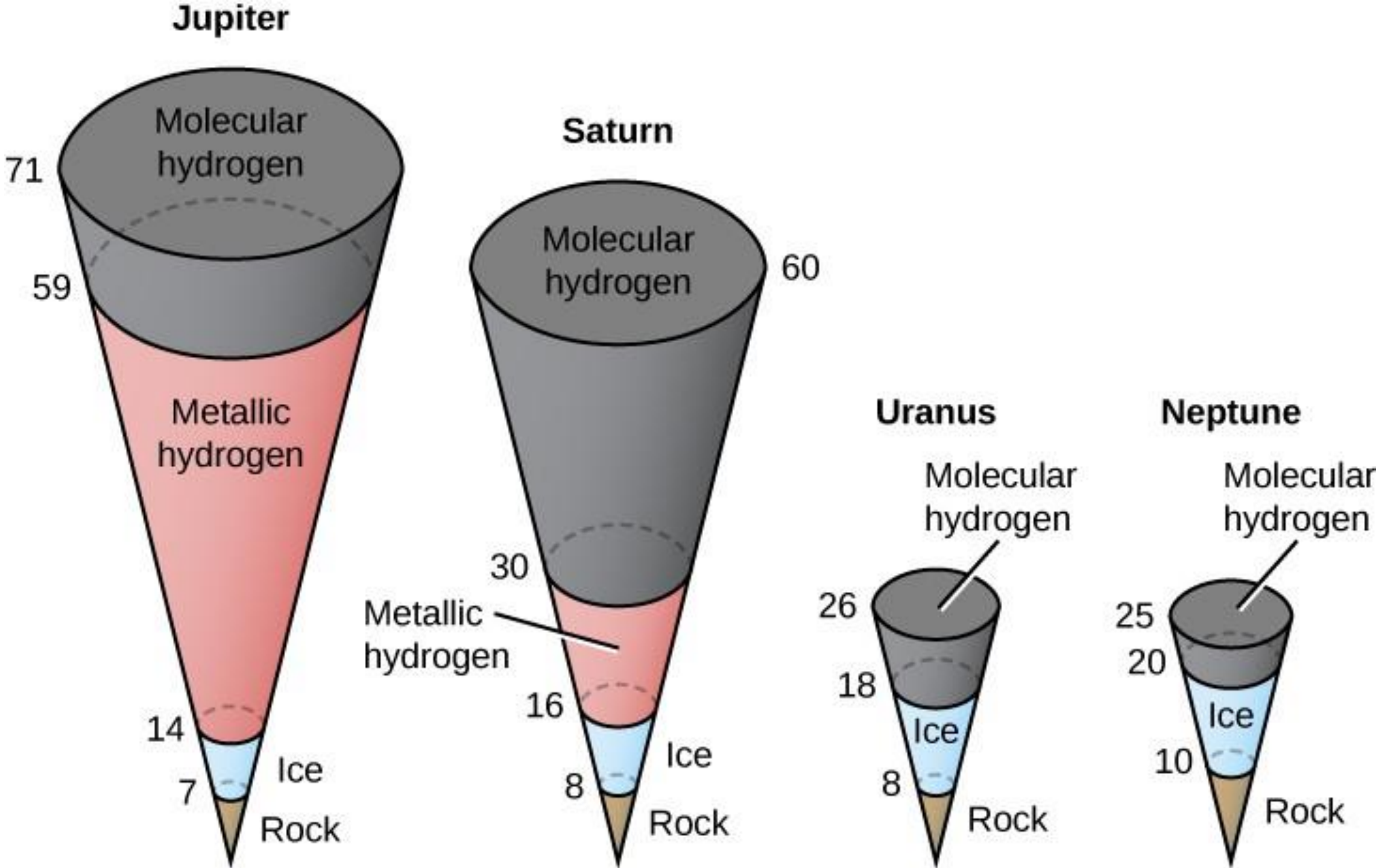


Gaz devi gezegenlerin iç yapısı.


Saturn
Jupiter
Neptune
Uranus
Earth to same scale
silicate core
liquid hydrogen
ice core
gaseous hydrogen
liquid metallic hydrogen


EARTH
JUPITER
SATURN
URANUS
NEPTUNE
Molecular hydrogen
Metallic hydrogen
Hydrogen, helium, methane gas
Mantle (water, ammonia, methane ices)
Core (rock, ice)


EARTH
JUPITER
SATURN
URANUS
NEPTUNE
Molecular hydrogen
Metallic hydrogen
Hydrogen, helium, methane gas
Mantle (water, ammonia, methane ices)
Core (rock, ice)


Jupiter
Molecular hydrogen
71
59
Metallic hydrogen
14
Ice
7
Rock
Saturn
Molecular hydrogen
60
30
Metallic hydrogen
16
Ice
8
Rock
Uranus
Molecular hydrogen
26
18
Ice
8
Rock
Neptune
Molecular hydrogen
25
20
Ice
10
Rock

Merkür ve Venüs'ün dışında bütün gezegenlerin uyduları vardır. Geriye kalan karasal gezegenlerden Dünya'nın bir (Ay) ve Mars'ın da iki uydusu (Fobos ile Deimos) bulunur. Dev gezegenlerinse çok sayıda uydusu vardır. Bu dört gezegenin bugüne değin toplam 140 dolayında uydusu keşfedilmiştir. Gezegenlerin çevresinde dönen bütün uydular da doğal olarak gezegenlerle aynı hareket yasalarına göre kendi yörüngelerinde dönerler. Güneş Sistemi'ndeki büyük uydularla küçük uyduların büyük bölümünün kendi yörüngelerindeki ilerleyişi, gezegenlerin Güneş çevresindeki ilerleyişiyle aynı yöndedir. Bunlar normal uydulardır. Tıpkı Ay'ın Dünya'nın çevresindeki dönüşünde olduğu gibi, büyük uyduların çoğu, gezegeninin çevresinde bir turunu tamamlarken, aynı zamanda kendi ekseninde de bir tur döner. Bir başka deyişle gezegenlerinden bakıldığında bu uyduların hep aynı yüzü görünür.

Gaz devi gezegenlerinin ortak bir özelliği çevrelerinde birer halka sisteminin olmasıdır. Satürn'ün çevresindeki halkalar Galilei'den bu yana biliniyor; gerçi Galilei büyütme gücü düşük teleskobuyla onların halka sistemi olduğunu fark edememişti. Onların küçük göktaşlarının oluşturduğu halkalar olduğunu 1659'da Christiaan Huygens açıkladı. Yüzlerce yıl boyunca halka sistemlerinin yalnızca Satürn'e özgü olduğu sanıldı. Ama güçlü teleskoplar ve gönderilen uzay araçları sayesinde zamanla dört dev gezegenin de halkaları olduğu anlaşıldı.