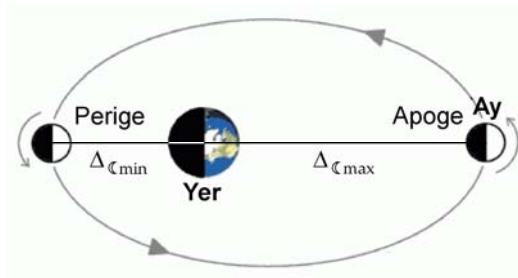


arasından geçişinde, Yer-Ay uzaklığına bağlı olmaksızın mutlaka bir Ay tutulması gerçekleşebilecektir.

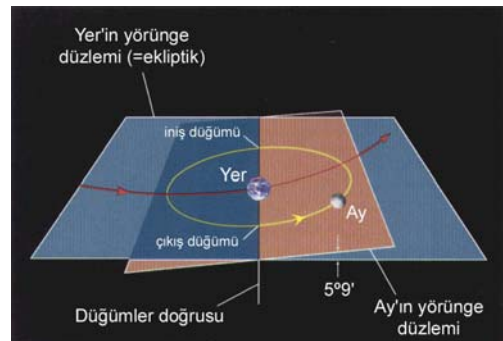
Tutulmaların oluşma koşulları açısından şu ana kadar Yer'in ve Ay'ın tamgölge konisi yüksekliklerinden gelen kısıtlamaları gördük ve geriye kalan durumları "*diğer tutulma koşulları*" olarak dile getirdik. Diğer koşullar temelde Ay'ın Yer etrafındaki yörünge düzleminin, Yer'in Güneş etrafındaki yörünge düzlemi (ekliptik-tutulum) ile çakışık olmamasından kaynaklanmaktadır. Ay ve Güneş tutulmalarının oluşma koşullarını doğru bir biçimde ortaya koyabilmek için, Ay'ın yörünge özelliklerini ve görünürdeki hareketlerini iyi kavramak gerekir.

AY'IN YÖRÜNGESİ ve HAREKETLERİ

Yer'in tek doğal uydusu olan Ay, Yer etrafında dışmerkezliği 0.0549 olan elips bir yörünge üzerinde dolanır ve bir tam turunu 27.322 günde tamamlar (=yıldızıl dönemi). Yörüngesi üzerinde, Yer'e en uzak olduğu enöte konumu "*apoge noktası*", en yakın olduğu enberi konumu ise "*perige noktası*" olarak adlandırılmaktadır. Ay'ın bu noktalarda Yer'e olan uzaklıkları $\Delta_{\zeta \max}$ ve $\Delta_{\zeta \min}$ olarak verilmişti (Şekil 7). Ortalama Yer-Ay uzaklığı ise 384,400 km dir. Ay'ın yörüngesi ekliptik düzlemi ile $05^{\circ}09'$ lık bir açı yapmaktadır (Şekil 8). Ay'ın ve Yer'in yörünge düzlemlerinin arakesitine "*düğüm doğrusu*" adı verilir. Ay

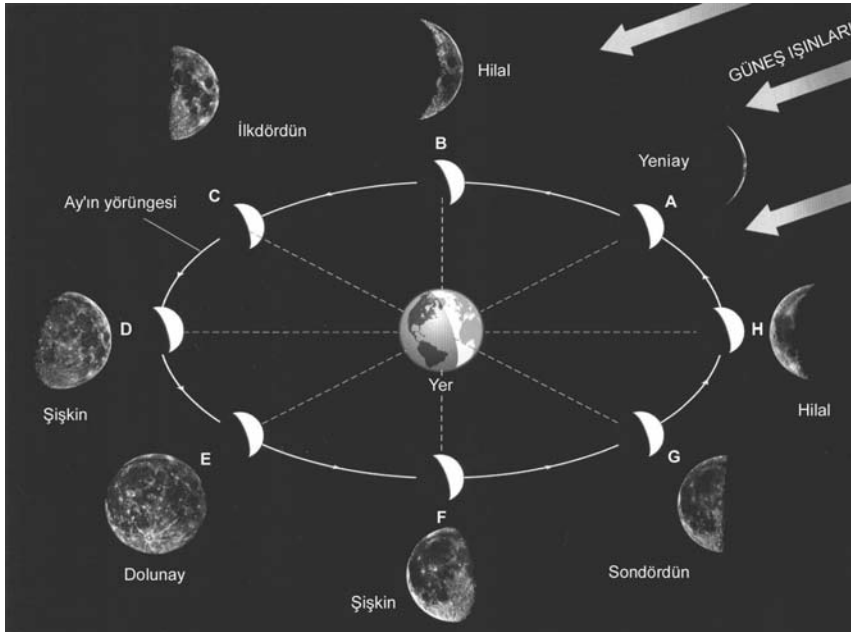


Şekil 7



Şekil 8

yörüngesinin düğümler doğrusu ile kesiştiği noktalara ise "düğüm noktaları" denmektedir. Ay'ın yörüngesi üzerindeki hareketi prograd yöndedir ve bu yörünge üzerinde ekliptiğin kuzeyinden güneyine geçtiği düğüm noktasına "inış düğümü", güneyinden kuzeyine geçtiği noktaya ise "çıkış düğümü" adı verilir. Yer'den bakıldığında, Ay'ın aydınlık görünen kısmının gündün güne değiştiği gözlenir. Ay, Güneş'ten aldığı ışığı yansıtmaktadır ve yer-merkezli yörüngesi üzerinde hareket ettiği sürece, Güneş-Yer-Ay doğrultuları arasındaki açı (=uzanım açısı) sürekli olarak değişmektedir. Bu durum, Ay'ın "evreleri" olarak adlandırılan ve aydınlık görünen kısmının boyutlarının dönemli olarak değişmesini sağlayan olguyu ortaya çıkarmaktadır. Şekil 9'da, Güneş ışınlarının geliş yönüne göre Ay'ın Yer'den görülen temel 8 evresine ait geometri verilmiştir. Şekle göre Ay, yörüngesi üzerindeki A konumunda bulunurken bize bakan yüzeyi Güneş'ten hiç ışık almaz ve gökyüzünde kabaca Güneş ile aynı doğrultuda bulunur (uzanım açısı $\approx 0^\circ$). "Yeniay" adı verilen bu evrede Ay, Yer'den görülemez. Yeniay evresinden kabaca 3-4 gün sonra Ay, yörüngesinde B konumuna gelir ve Yer üzerinde günbatımı zamanında güneybatı yönüne bakan bir gözlemci, Ay'ın sağ tarafının aydınlık olduğunu görür. Bu evreye "hilal" denmektedir. Yeniay evresinden kabaca 7 gün sonra,

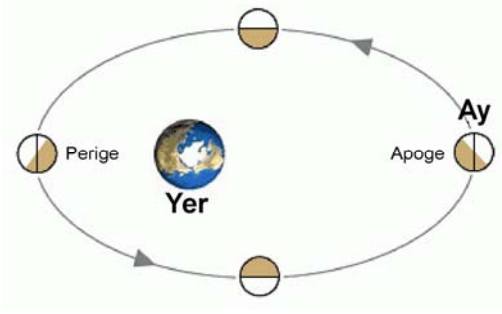


Şekil 9

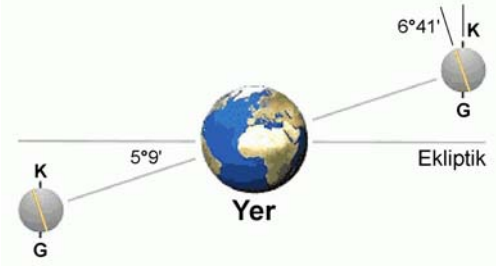
Ay yörüngesinde C noktasına ulaşır, doğu uzanımı açısı 90° olur ve günbatımında güneye bakan bir gözlemci Ay'ın tam olarak sağ yarısının aydınlanmış olduğunu görür. Bu evreye ise "ilkdördün" denmektedir. Ay bu şekilde yörüngesi üzerinde harekete devam ederken D noktasına ulaştığında, Yer'deki gözlemci günbatımında Ay'ı güneydoğu yönünde ve sağ tarafındaki aydınlık büyümüş olarak "şişkin" evrede görecektir. Yeniay evresinden kabaca 14.5 gün sonra E noktasına gelindiğinde ise, Ay günbatımının hemen sonrasında doğu ufkundan henüz yeni yükseliyor olacaktır ve tamamının aydınlık olduğu "dolunay" evresinde görülecektir. Bu durumda Ay'ın uzanım açısı 180° dir. Bunu takip eden F, G ve H noktalarında evreler tersine bir şekil gösterir ve Ay'ın sol tarafındaki aydınlık, ilerleyen günlerde yavaşça azalarak tekrar yeniay evresine ulaşılır. Ardışık olarak, aynı evreden iki kez üst üste geçiş için gereken süreye, Ay'ın "kavuşum dönemi" denir ve süresi 29.531 gündür. Dikkat edilecek olursa, Ay'ın kavuşum dönemi yıldızl döneminden daha uzundur. Bunun sebebi, Ay'ın yörünge hareketi boyunca, Yer'in de yörüngesi üzerinde hareket etmesidir. Şekil 10'dan da görüleceği gibi (1) konumunda yeniay evresinde olan Ay, yörünge hareketi ile bir yıldızl dönemini tamamladığında bir sonraki yeniay evresine, yani şekildeki (2) konumuna ulaşabilmek için bir miktar daha yörüngesi üzerinde yol alması gerekmektedir. Bu durum, Ay'ın kavuşum döneminin yıldızl döneminden kabaca 2 gün daha uzun olmasına neden olmaktadır.



Şekil 10

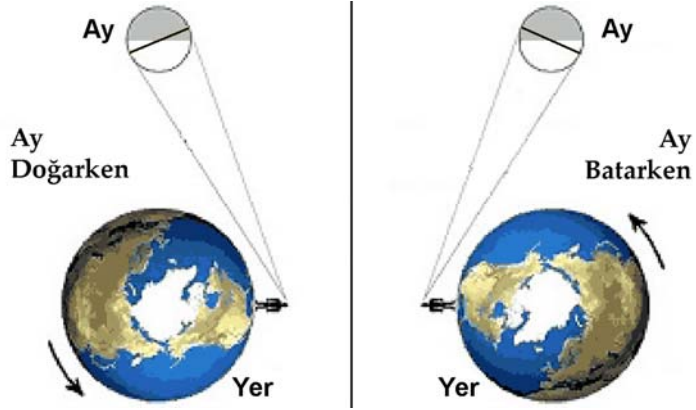


Şekil 11



Şekil 12

Ay'ın kendi eksenini etrafındaki dönme süresi, yörüngesi üzerinde bir turunu tamamladığı yıldızlı dönem süresine eşittir. Bu nedenle Yer'den bakıldığında Ay'ın hep aynı yüzü bize dönük görülmektedir. Bir gök cisimi için dönme ve dolanma dönemlerinin eşit olduğu bu duruma "eş-dönme (senkronize-dönme)" denmektedir. Ancak Ay'ın kendi eksenini etrafındaki dönme hızı sabit iken, elips şeklindeki yörüngesi üzerinde dolanma hızının sabit olmaması nedeniyle görünen yüzey, bir yörünge hareketi boyunca doğu-batı doğrultusunda bir salınım yapar (Şekil 11). Yörüngesi üzerinde perige noktasına doğru yaklaştıkça yörünge hızı artarken eksenini etrafındaki sabit dönme hızı görece bir gecikme gösterir ve yörünge hareketinin zıt yönündeki yarı küresinden ek alanların görülmesini sağlar. Buna karşılık apoge noktasına doğru yaklaştıkça yörünge hızı yavaşlarken eksenini etrafındaki dönme hızı görece olarak baskın çıkar ve yörünge hareketi yönündeki yarı küresinden ek alanların görülmesine olanak tanır. Buna ek olarak dönme ekseninin yörünge düzlemine dik olmayışı (Ay'ın ekvatoru ile yörünge düzlemi arasında $06^{\circ}41'$ lik bir açı vardır) ise, bir yörünge dönemi boyunca görünen yüzeyin kutuplar doğrultusu boyunca da salınmasına neden olur (Şekil 12). Yörüngesinin yarısı boyunca güney kutup noktasının ötesini, diğer yarısı boyunca da kuzey kutbunun ötesini görmemiz mümkün olmaktadır. Böylelikle, Ay, ortalama olarak bize hep aynı yüzünü gösterirken, bir yörünge dönemi boyunca Yer'den bakıldığında toplam yüzeyinin %59'unun görülebilmesini sağlamaktadır. Ay'ın, bir yörünge dönemi boyunca, Yer'den izlenen bu salınım hareketine "librasyon" denmektedir. Doğru-batı salınımı "boylamsal librasyon" olarak adlandırılırken, kutuplar boyunca salınımı "enlemsel librasyon" olarak anılır.



Şekil 13

Bunlardan başka Ay'ın "*günlük librasyon*" olarak adlandırılan, ancak etkisi çok da kolay fark edilemeyen bir librasyon hareketi daha vardır. Bu etki adından da anlaşılacağı üzere, Ay'ın bize dönük yüzeyinin bir gün boyunca %50'sinden fazlasının izlenmesini sağlayan bir olgudur. Şekil 13'ten de görüleceği gibi Yer üzerindeki bir gözlemci, Ay doğarken doğu kenarının ötesini, batarken ise batı kenarının ötesini görebilmektedir. Ancak şekilde gösterilen abartılı fazlalıklar yerine, gerçekte gün içinde izlenen bu ek alanlar çok küçüktür ve dikkatle incelenirse farkına varılabilir.

TUTULMA KOŞULLARI ve TÜRLERİ

Bazen Güneş, Yer ve Ay bir doğru boyunca dizilebilmektedir. Bu durumda Yer'in gölgesi Ay üzerine veya Ay'ın gölgesi Yer üzerine düşebilmektedir. Bu olaylara tutulmalar denmektedir. Ay'ın, Yer'in gölge konisi içinden geçmesi halinde bir "*Ay tutulması*" oluşmaktadır ve bu anda Ay Şekil 9'da gösterilen "E" konumunda, yani dolunay evresine ilişkin konumda olacaktır. Aslında bu evrede Ay'ın görünen diskinin tamamının Güneş tarafından aydınlatılması gerekirken, Yer'in gölgesinin üzerine düşmesi nedeniyle tamamen karanlıkta kalır.