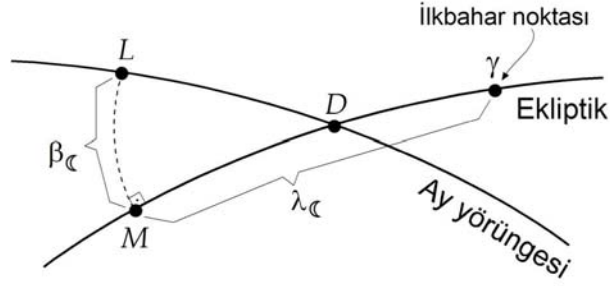
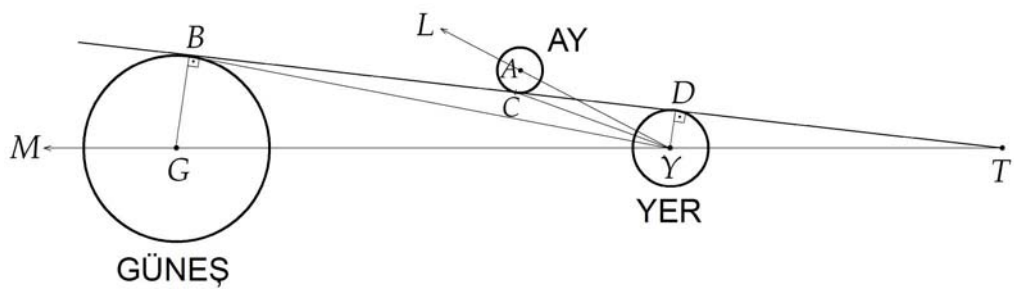


TUTULMALAR İÇİN EKLIPTİKEL LİMİTLER



Şekil 28

Şekil 28'de, gök küresi üzerindeki izdüşümde, Ay'ın, yörüngesi üzerindeki D düğüm noktasına yakın bir L noktasında bulunduğunu varsayalım. Burada LM yayı, Ay'ın ekliptikel enlemi (β_{ζ}) ve MY yayı ise ekliptikel boylamı (λ_{ζ}) olacaktır. Bir Güneş tutulmasının gerçekleşebilmesi için, Ay'ın ekliptikel enlemi β_{ζ} belirli bir limit değerin altında olmalıdır. Bu limit değeri, Güneş ve Ay'ın, Yer'den görünen çaplarına ve ufuk paralakslarına bağlıdır. Buna göre Şekil 29'dan yararlanarak bir Güneş tutulması için Ay'ın ekliptikel enleminin limit değerinin ne olması gerektiğini belirleyelim.



Şekil 29

Şekil 29'da YA doğrultusu, gök küresi üzerinde, Şekil 28'deki L noktasını işaret etmektedir. YG doğrultusunun gök küresi ile arakesiti ise, Şekil 28'deki M noktasına karşılık gelmektedir. Buna göre $\hat{A\hat{Y}G} = |\beta_{\zeta}|_{\text{lim}}$ yani Ay'ın

ekliptikel enlemi için aradığımız limit değerine karşılık gelmektedir. Şekil 29'daki geometriden;

$$|\beta_{\zeta}|_{\text{lim}} = A\hat{Y}G = A\hat{Y}C + C\hat{Y}B + B\hat{Y}G \text{ dir.}$$

$\triangle C\hat{B}Y$ üçgeninde $C\hat{Y}B = D\hat{C}Y - C\hat{B}Y$ veya $C\hat{Y}B = D\hat{C}Y - D\hat{B}Y$ dir. O halde,

$$|\beta_{\zeta}|_{\text{lim}} = A\hat{Y}C + D\hat{C}Y - D\hat{B}Y + B\hat{Y}G \text{ yazılabilir. Burada;}$$

$A\hat{Y}C = H_{\zeta} \rightarrow$ Ay'ın görünen yarıçapı

$D\hat{C}Y = P_{\zeta} \rightarrow$ Ay'ın ufuk paralaksı

$D\hat{B}Y = P_{\odot} \rightarrow$ Güneş'in ufuk paralaksı

$B\hat{Y}G = H_{\odot} \rightarrow$ Güneş'in görünen yarıçapıdır. Böylece;

$$|\beta_{\zeta}|_{\text{lim}} = H_{\zeta} + P_{\zeta} - P_{\odot} + H_{\odot} \dots\dots\dots (4)$$

Ay ve Güneş'e ilişkin H ve P değerleri sabit değildir ve zamana bağlı olarak değişirler. Aşağıdaki tabloda bu değerlerin en büyük ve en küçük değerleri listelenmiştir.

Tablo 1

	Minimum (enötede)	Maksimum (enberide)
H_{ζ}	14' 41"	16' 44"
H_{\odot}	15' 44"	16' 16"
P_{ζ}	53' 55"	61' 29"
P_{\odot}	8".6	9".0

Buna göre (4) bağıntısında, β_{ζ} 'in en büyük değerini elde edebilmek için H_{ζ} , P_{ζ} ve H_{\odot} 'in maksimum, P_{\odot} 'in ise minimum değerleri alınmalıdır:

$$|\beta_{\zeta}|_{\max} = 16' 44'' + 61' 29'' - 8''.6 + 16' 16'' = 1^{\circ} 34' 20''$$

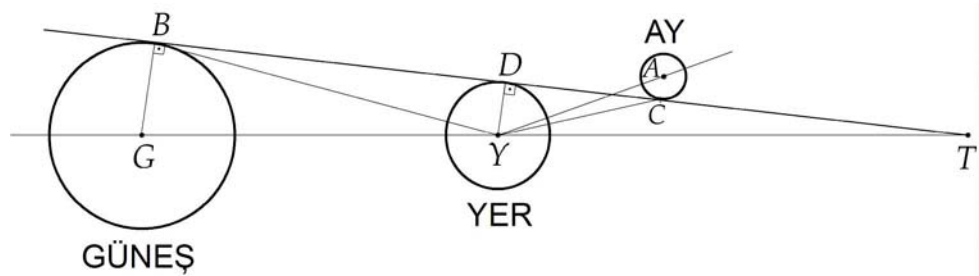
Buna karşılık β_{ζ} 'in en küçük değerini elde edebilmek için, H_{ζ} , P_{ζ} ve H_{\odot} 'in minimum, P_{\odot} 'in ise maksimum değerleri alınmalıdır:

$$|\beta_{\zeta}|_{\min} = 14' 41'' + 53' 55'' - 9''.0 + 15' 44'' = 1^{\circ} 24' 11''$$

Bu durumda bir Güneş tutulması için, Ay'ın ekliptikal enlemi cinsinden koşulları ortaya koyacak olursak; bir yeniay evresinde (veya civarında):

- $|\beta_{\zeta}| < 1^{\circ} 24' 11''$ ise kesinlikle bir Güneş tutulması oluşur,
- $1^{\circ} 24' 11'' < |\beta_{\zeta}| < 1^{\circ} 34' 20''$ ise bir Güneş tutulması oluşma ihtimali vardır.
- $|\beta_{\zeta}| > 1^{\circ} 34' 20''$ ise bir Güneş tutulması oluşamaz.

Benzer yolla bir Ay tutulması için de, Ay'ın ekliptikal enleminin limit değerleri, Şekil 30'da verilen geometriden hesaplanabilir.



Şekil 30

Burada $|\beta_{\zeta}|_{\lim} = T\hat{Y}A$ dır. Bu açı için $T\hat{Y}A = T\hat{Y}C + C\hat{Y}A$ yazılabilir.

$\triangle YCT$ üçgeninde; $D\hat{C}Y = T\hat{Y}C + Y\hat{T}C \Rightarrow T\hat{Y}C = D\hat{C}Y - Y\hat{T}C$

$\triangle BYT$ üçgeninde; $G\hat{Y}B = D\hat{B}Y + Y\hat{T}C \Rightarrow Y\hat{T}C = G\hat{Y}B - D\hat{B}Y$ dir.

$$\begin{aligned} \text{Böylece } |\beta_{\zeta}|_{\text{lim}} &= T\hat{Y}A = C\hat{Y}A + T\hat{Y}C \\ &= C\hat{Y}A + D\hat{C}Y - Y\hat{T}C \\ &= C\hat{Y}A + D\hat{C}Y - G\hat{Y}B + D\hat{B}Y \text{ olur.} \end{aligned}$$

Bu açılar karşılık geldikleri parametreler cinsinden yazarsak;

$$|\beta_{\zeta}|_{\text{lim}} = H_{\zeta} + P_{\zeta} - H_{\odot} + P_{\odot} \dots\dots\dots (5)$$

Buna göre (5) bağıntısında, β_{ζ} 'in en büyük değerini elde edebilmek için pozitif terimlerin maksimum, negatif terimlerin ise minimum değerleri alınır:

$$|\beta_{\zeta}|_{\text{max}} = 1^{\circ} 02' 38''$$

Buna karşılık β_{ζ} 'in en küçük değerini elde edebilmek için, pozitif terimlerin minimum, negatif terimlerin ise maksimum değerleri alınır:

$$|\beta_{\zeta}|_{\text{min}} = 52' 29'' \quad \text{bulunur.}$$

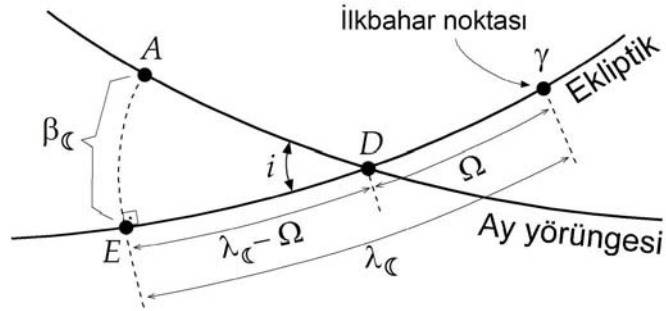
Bu durumda bir Ay tutulması için, Ay'ın ekliptikal enlemi cinsinden koşulları ortaya koyacak olursak; bir dolunay evresinde (veya civarında):

- $|\beta_{\zeta}| < 52' 29''$ ise kesinlikle bir Ay tutulması oluşur,
- $52' 29'' < |\beta_{\zeta}| < 1^{\circ} 02' 38''$ ise bir Ay tutulması oluşma ihtimali vardır.
- $|\beta_{\zeta}| > 1^{\circ} 02' 38''$ ise bir Ay tutulması oluşamaz.

Tutulma koşulu olarak, Ay'ın ekliptikal enlemi için ortaya koyduğumuz alt ve üst limitler;

- Güneş tutulması için: $1^{\circ} 24' 11'' < |\beta_{\zeta}| < 1^{\circ} 34' 20''$
- Ay tutulması için: $52' 29'' < |\beta_{\zeta}| < 1^{\circ} 02' 38''$

karşılaştıracak olursak, Güneş tutulmalarına ilişkin limit aralığının daha geniş olduğu görülür. Böylelikle Güneş tutulmalarının oluşma olasılığı (sıklığı) Ay tutulmalarına oranla daha fazladır. Ay'ın ekliptikel enlemi, yörünge hareketi boyunca zamana bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla tutulma koşulları, Ay'ın ekliptikel boylamının limit değerleri cinsinden de ifade edilebilir.



Şekil 31

Bunun için Şekil 31'deki DE yayının uzunluğunu hesaplamak gerekir. Burada γD yayı Ay yörüngesinin çıkış düğümünün boylamı (Ω) ve γE yayı ise Ay'ın ekliptikel boylamıdır (λ_{ζ}). AED dik küresel üçgenine Neper beşgen kuralı uygulanırsa $\cos[90-(\lambda_{\zeta}-\Omega)] = \cotg i \cotg(90-\beta_{\zeta}) = \sin A \sin AD$ yazılır ve eşitliklerin ilk ikisinden

$$\sin(\lambda_{\zeta}-\Omega) = \cotg i \tan \beta_{\zeta} \dots\dots\dots (6)$$

elde edilir. (6) bağıntısında $i = 5^{\circ} 9'$ değeri ile β_{ζ} için daha önce bulduğumuz alt ve üst limit değerleri yerine konacak olursa;

- Güneş tutulması için: $15^{\circ} 46' < |\lambda_{\zeta}-\Omega| < 17^{\circ} 44'$
- Ay tutulması için: $9^{\circ} 45' < |\lambda_{\zeta}-\Omega| < 11^{\circ} 40'$

değerleri elde edilir. Ay'ın ekliptikel boylamı λ_{ζ} ortalama olarak günde $360^{\circ}/27^{\text{gün}}08^{\text{sa}} \approx 13^{\circ} 11'$ kadar artmaktadır. Buna göre $\lambda_{\zeta}-\Omega$ 'nin limit değerleri zaman cinsinden de ifade edilebilir:

- Güneş tutulması için: $\frac{15^{\circ} 46'}{13^{\circ} 11'} = 1.196$ gün, $\frac{17^{\circ} 44'}{13^{\circ} 11'} = 1.345$ gün
- Ay tutulması için: $\frac{09^{\circ} 45'}{13^{\circ} 11'} = 0.740$ gün, $\frac{11^{\circ} 40'}{13^{\circ} 11'} = 0.885$ gün

Buna göre, D gün biriminde Ay'ın düğüm noktasına olan uzaklığını göstermek üzere (düğüm noktasına gelmeden önce veya düğüm noktasını geçtikten sonra);

a) Ay, yeniay evresinde iken;

- $D < 1.196$ gün ise kesinlikle bir Güneş tutulması oluşur,
- 1.196 gün $< D < 1.345$ gün ise bir Güneş tutulması oluşma ihtimali vardır,
- $D > 1.345$ gün ise bir Güneş tutulması oluşamaz.

b) Ay, dolunay evresinde iken;

- $D < 0.740$ gün ise kesinlikle bir Ay tutulması oluşur,
- 0.740 gün $< D < 0.885$ gün ise bir Ay tutulması oluşma ihtimali vardır,
- $D > 0.885$ gün ise bir Ay tutulması oluşamaz.

BİR YILDAKİ TUTULMALARIN SAYISI

Genel olarak ifade edilecek olursa, 1 takvim yılı süresince (365.25 günde);

- 1) En az 2 tutulma oluşabilir. Bunların her ikisi de Güneş tutulmasıdır,
- 2) En fazla 7 tutulma oluşabilir. Bunlardan
 - a) 4 tanesi Güneş, 3 tanesi Ay tutulması olabilir veya
 - b) 5 tanesi Güneş, 2 tanesi Ay tutulması olabilmektedir.