



**İSTANBUL MEDENİYET
ÜNİVERSİTESİ**

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

FELSEFE ANABİLİM DALI

**MEZOPOTAMYA MATEMATİKSEL ASTRONOMİSİNDE
GEZEĞEN-PERİYOT İLİŞKİLERİ VE HESAPLAMA
SİSTEMLERİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Orhan GÜNEŞ

Haziran-2016



**İSTANBUL MEDENİYET
ÜNİVERSİTESİ**

**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
FELSEFE ANABİLİM DALI**

**MEZOPOTAMYA MATEMATİKSEL ASTRONOMİSİNDE
GEZEĞEN-PERİYOT İLİŞKİLERİ VE HESAPLAMA
SİSTEMLERİ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Orhan GÜNEŞ

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. İhsan FAZLIOĞLU

Haziran-2016



ONAY

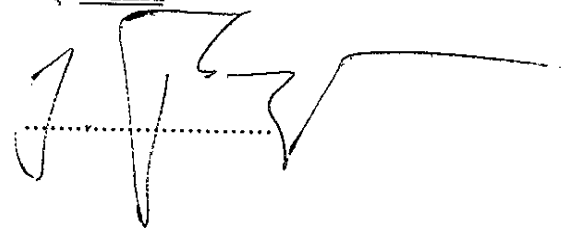
İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Yüksek Lisans öğrencisi olan Orhan GÜNEŞ'in hazırladığı ve jüri önünde savunduğu "Mezopotamya Matematiksel Astronomisinde Gezegen-Periyot İlişkileri ve Hesaplama Sistemleri" başlıklı tez başarılı kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ

Tez Danışmanı:

[Prof. Dr., İhsan FAZLIOĞLU]

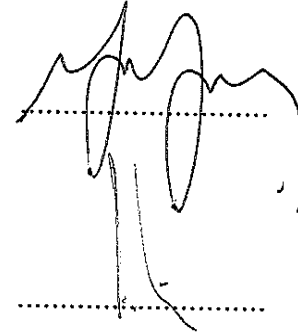
Kurumu: İMU

İMZA


Üyeler:

[Prof. Dr., Mustafa KAÇAR]

Kurumu: FSMVU



[Prof. Dr. Atilla BİR]

Kurumu: FSMVU

Tez Savunma Tarihi: 20/06/2016



ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Medeniyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü bünyesinde hazırladığım bu Yüksek Lisans tezinin bizzat tarafımdan ve kendi sözcüklerimle yazılmış orijinal bir çalışma olduğunu ve bu tezde;

- 1- Çeşitli yazarların çalışmalarından faydalandığımda bu çalışmaların ilgili bölümlerini doğru ve net biçimde göstererek yazarlara açık biçimde atıfta bulunduğumu;
- 2- Yazdığım metinlerin tamamı ya da sadece bir kısmı, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmışsa bunu da açıkça ifade ederek gösterdiğimi;
- 3- Alıntılanan başkalarına ait tüm verileri (tablo, grafik, şekil vb. de dahil olmak üzere) atıflarla belirttiğimi;
- 4- Başka yazarların kendi kelimeleriyle alıntıladığım metinlerini kaynak göstererek atıfta bulunduğum gibi, yine başka yazarlara ait olup fakat kendi sözcüklerimle ifade ettiğim hususları da istisnasız olarak kaynak göstererek belirttiğimi,

beyan ve bu etik ilkeleri ihlal etmiş olmam halinde bütün sonuçlarına katlanacağımı kabul ederim.

Orhan GÜNEŞ


[İmza]



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ONAY	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
ABSTRACT.....	xvii
GİRİŞ.....	1
I.TARİHÇE.....	5
A. Mezopotamya Tarihi.....	5
1. Uruk dönemi (m.ö. 4400-3100).....	5
2. Sümerler (erken hanedan dönemi) (m.ö. 2900-2350)	6
3. Akkadlar (m.ö. 2334-2150).....	7
4. Ur sülalesi (m.ö. 2112-2004)	8
5. Assur krallıkları	9
a) Eski assur krallığı (m.ö. 2025-1381)	10
b) Orta assur krallığı (m.ö. 1381-912).....	11
c) Yeni assur krallığı (m.ö. 912-612)	12
6.Babil krallıkları.....	14
a) Eski babil krallığı (m.ö. 1897-1595).....	14
b) Kassit devleti (m.ö. 1595-1155).....	15
c) Yeni babil krallığı (m.ö. 626-539)	16
7.Ahameniş imparatorluğu (m.ö. 539-330)	18
8.Selökid İmparatorluğu (m.ö. 311-63)	19
B.Tabletlerin Genel Özellikleri	21
C. Tabletler Üzerindeki Çalışmalar	23
1. Aşama: ilk çeviriler (1881 – 1935).....	23
2. Aşama: temel metinler (1935 – 1990)	24
3. Aşama: yeni yaklaşımlar ve genişleyen bakış açısı (1990 -).....	25
II. TEMEL KAVRAMLAR.....	27
A. Astronominin Temel Kavramları.....	27
1. Koordinat sistemleri	27
a. Göksel ekvatorial koordinat sistemi	27
b. Ekliptikal koordinat sistemi	29
c. Presesyon	30
d. Gezegenlerin hareketleri	31
e. Sideral hareket	32
f. Sinodal hareket	32

i. İç gezegenlerin sinodal fenomenleri.....	33
ii. Dış gezegenlerin sinodal fenomenleri	38
g. Güneş'in hareketi	44
h. Ortalama güneş.....	45
1. Ay'ın hareketi.....	46
i. Ay'ın evreleri	47
ii. Ay'ın gözlenme süreleri.....	48
i. Yıldızların hareketi.....	50
B. Mezopotamya Astronomisinin Temel Kavramları	54
1. Ön kabuller	54
2. Seksagesimal (altmış tabanlı) sayı sistemi.....	55
3. Temel birimler.....	57
4. Takvim	59
5. Tithi	62
6. Ay ve yıl.....	63
III. BABEL GEZEĞEN-PERİYOT İLİŞKİSİ	65
A. İç Gezegenler	66
1. Merkür	66
2. Venüs	71
B. Dış Gezegenler.....	76
1. Mars	76
2. Jüpiter.....	81
3. Satürn	84
C. İç ve Dış Gezegenlerin Uzun Periyotları.....	88
1. Merkür	88
2. Venüs	89
3. Mars	90
4. Jüpiter.....	90
5. Satürn	92
IV. HESAPLAMA SİSTEMLERİ	93
A. Sistem A	95
1. Sistem A ya ait parametrelerin elde edilmesi.....	96
a. Konumların hesaplanması.....	96
b. Tarihlerin hesaplanması	100
i. Ortalama sinodal yay:.....	100
ii. Artık gün sayısı:	100
iii. Ortalama güneş'in hızı:	102
B. Sistem A'.....	105
1. Sistem A' ye ait parametrelerin elde edilmesi	110
a. Konumların hesaplanması.....	110
b. Tarihlerin hesaplanması	114
C. Sistem B	116
1. Sistem B ye ait parametrelerin elde edilmesi	121
a. Konumların hesaplanması.....	121
b. Tarihlerin Hesaplanması.....	121
SONUÇ.....	125
KAYNAKLAR.....	129
ÖZGEÇMİŞ.....	133

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Antik dönem Mezopotamya'sı.....	5
Şekil 2. Göksel ekvatorial koordinat sistemi.....	29
Şekil 3. Ekliptikal koordinat sistemi.....	30
Şekil 4. İç gezegenlerin sinodal çevrimi.....	34
Şekil 5. Dış gezegenlerin sinodal çevrimi.....	39
Şekil 6. Güneş'in gök küresi üzerinde yıldızlara nazaran hareketi.....	45
Şekil 7. Ay'ın gök küresi üzerindeki konumu.....	47
Şekil 8. Ay'ın evreleri.....	47
Şekil 9. Sideral ve Sinodal ay.....	48
Şekil 10. Yıldızların gök küresi üzerindeki hareketleri.....	51
Şekil 11. Sirius'un M.Ö. 200 civarında Mısır'a ait fenomenler grafiği.....	52
Şekil 12. Babil mevsimlerinin adları ve başlangıç tarihleri.....	59
Şekil 13. Zodyağın Sistem A ya göre bölümlenmesi.....	97
Şekil 14. Zodyağın Ay'a ait Sistem A ya göre bölümlenmesi.....	101
Şekil 15. Zodyağın Sistem A' ye göre bölümlenmesi.....	106
Şekil 16. Sütun IV'e ait değerler kullanılarak çizilen grafik.....	117



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo1. Akkadlar kral listesi.....	8
Tablo 2. III. Ur Sülalesi kral listesi.....	9
Tablo 3. Eski Assur Krallığı kral listesi.....	10
Tablo 4. Orta Assur Krallığı kral listesi.....	12
Tablo 5. Yeni Assur Krallığı kral listesi.....	14
Tablo 6. Eski Babil Krallığı kral listesi.....	15
Tablo 7. Kassit Devleti kral listesi	16
Tablo 8. Yeni Babil Krallığı kral listesi.....	18
Tablo 9. Ahameniş İmparatorluğu kral listesi.....	18
Tablo 10. Selökid İmparatorluğu kral listesi	20
Tablo 11. Gezegenlerin ulaşabildikleri maksimum ekliptikel enlem değerleri ..	32
Tablo 12. Güneş ve Merkür'ün 2016 yılına ait ekliptikel boylamları.....	36
Tablo 13. Merkür'e ait sinodal fenomenlerin tarihleri	38
Tablo 14. Güneş'in ve Mars'ın 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait ekliptikel boylamları	40
Tablo 15. Mars'ın sinodal çevriminin fenomenleri.....	44
Tablo 16. Gezegenlerin gün cinsinden ortalama sinodal periyotları.....	44
Tablo 17. Ay'ın 21 Mart-20 Nisan arasında ufkun üzerinde kalış süresi	48
Tablo 18. Ay'ın 22 Haziran-22 Temmuz arasında ufkun üzerinde kalış süresi..	49
Tablo 19. Ay'ın 23 Eylül-22 Ekim arasında ufkun üzerinde kalış süresi.....	49
Tablo 20. Ay'ın 22 Aralık-20 Ocak arasında ufkun üzerinde kalış süresi.....	49
Tablo 21. Babil takvimindeki ayların adları ve gün cinsinden uzunlukları	59
Tablo 22. Babil takvimine ait nihaî yıl tablosu.....	60
Tablo 23. SE'ye ait artık yıllar	61
Tablo 24. Gezegenlerin günümüzde kabul edilen ortalama tropikal periyotları	65
Tablo 25. Merkür'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjüksiyonlarına ait tarih ve ekliptikel boylam değerleri	66
Tablo 26. Venüs'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjüksiyon tarihleri ve bunlara ait ekliptikel boylamları	71
Tablo 27. Venüs'ün 11 Haziran 2000-14 Ağustos 2019 yılları arasındaki fenomenleri	73
Tablo 28. Mars'ın 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjüksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları	76
Tablo 29. Mars'a ait gezegen-periyot ilişkileri.....	79

Tablo 30. Jüpiter'in 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjüksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları	81
Tablo 31. Jüpiter'e ait gezegen-periyot ilişkileri	83
Tablo 32. Satürn'ün 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjüksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları	84
Tablo 33. Satürn'e ait gezegen-periyot ilişkileri.....	86
Tablo 34. Gezegenlerin gezegen-periyot ilişkisinden hesaplanan periyotları	88
Tablo 35. Selökidler döneminde hesaplanan uzun gezegen periyotları.....	88
Tablo 36. Zodyak takımyıldızlarının özellikleri	94
Tablo 37. Kamerî ayların dönemleri ile Babilce ve Eski Babilce adları	94
Tablo 38. Belli başlı gök cisimlerinin Babilce adları.....	95
Tablo 39. ACT 606 numaralı tabletin çözümlemesi	95
Tablo 40. Sistem A' ye ait yayların konumu, uzunluğu ve hızları.....	106
Tablo 41. ACT 611 numaralı tabletin çözümlemesi	107
Tablo 42. ACT 611 sütun I'de yer alan tarihlere ait farklar	108
Tablo 43. ACT 611 sütun III'te yer alan tarihlere ait farklar.....	109
Tablo 44. ACT 622 numaralı tabletin çözümlemesi	116

SEMBOL LİSTESİ

ϵ : Ekliptiğin eğimi

Z: Zenit

Z: Nadir

P: Gök kutup noktası

γ : İlkbahar ekinoksu (noktası)

Ω : Sonbahar ekinoksu (noktası)

v: Kış solstisi

u: Yaz solstisi

α : Rektasansyon

δ : Deklinasyon

β : Ekliptikel enlem

λ : Ekliptikel boylam

W: Batı

E: Doğu

h: Saat

m: Dakika

s: Saniye

φ : Gözlem yapılan yerin enlemi

α_h : Ay başına hızlı yayda alınan yol

α_y : Ay başına yavaş yayda alınan yol

α_o : Ay başına orta hızlı yayda alınan yol

c_1 : Hızlı yaydan yavaş yaya geçiş katsayısı

c_2 : Hızlı yaydan yavaş yaya geçiş katsayısı

$\bar{\alpha}$: Ortalama sinodal yay
A: Artık gün sayısı
 κ : Ortalama Güneş'in hızı
 α : Gezegenin bir sinodal çevrim boyunca aldığı yol
T: Güneş'in $360 + \alpha$ yolunu aldığı süre
t: Tithi
 m : Tithi ayı
 c_1 : Orta hızlı yaydan yavaş yaya geçiş katsayısı
 c_2 : Yavaş yaydan orta hızlı yaya geçiş katsayısı
 c_3 : Orta hızlı yaydan hızlı yaya geçiş katsayısı
 c_4 : Hızlı yaydan orta hızlı yaya geçiş katsayısı
n: Satır numarası
 y_n : Bulunulan satırdaki değer
 y_{n+1} : Bir sonraki değer
 α_{\max} : Fonksiyonun maksimum değeri
 α_{\min} : Fonksiyonun minimum değeri
d: Satırlar arasındaki fark
 ΔT_{\max} : Maksimum tarih değeri
 ΔT_{\min} : Minimum tarih değeri
 ΔT_{avg} : Ortalama tarih değeri

ÖZET

Bu tez çalışmasının amacı Mezopotamya (özellikle Babil) matematiksel astronomisinin temel iki başarısı olan gezegen-periyot ilişkisi ve hesaplama sistemlerinin özelliklerini ayrıntılı bir biçimde ortaya koymaktır. Bu amaçla, gezegen-periyot ilişkisi detaylı bir şekilde incelenmiş ve sonuçları modern değerler ile karşılaştırılmıştır. Hesaplama sistemleri analiz edilirken literatürde çok fazla çalışılmamış tabletler tercih edilmiştir. Modern dönemde ortaya çıkarılan ilişkiler farklı metotlar kullanılarak elde edilmiş ve konuya farklı bir zaviyeden bakmaya gayret edilmiştir. Ayrıca, söz konusu astronominin kendisinden sonra gelen astronomi çalışmalarına olan etkilerine de değinilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bilim Tarihi, Astronomi Tarihi, Astronomi, Mezopotamya Astronomisi



ABSTRACT

The aim of this thesis, the features of planet-period relationship and computation systems, as the two main achievements of Mesopotamian (especially Babylonian) mathematical astronomy, to reveal in detail. For this purpose, the planet-period relationship were examined in detail and the results were compared with modern values. When analyzing computation systems cuneiform texts that not studied too much, preferred. Relationships that revealed in modern era, obtained using different methods, and have been trying to approach with a different perspective to the subject. In addition, the effects of this astronomy to the subsequent astronomy works also mentioned.

Keywords: History of Science, History of Astronomy, Astronomy, Mesopotamian Astronomy



GİRİŞ

Matematiksel astronomi, astronomik fenomenlerin matematik algoritmaları yardımıyla önceden kestirilmesi şeklinde tanımlanabilir.

Matematiksel astronominin temel taşları, kehanet, yüzlerce yıllık sistematik gözlemler ve bu gözlemlerden çıkarım yapmaya yarayan hesaptır. Yazıcılar gözlemlere kehanet ve sihir amacıyla başlamışlar, büyü ve kehanete yardımcı olan remizlerin (gök cisimlerinin gökyüzündeki konumlarının) sistematik kayıtlarını tutmuşlar ancak zamanla pür bilime kaymışlardır. Doğa fenomenlerini yorumlamayı öğrenmişler ve daha sonra bu doğa fenomenlerini önceden kestirmeye başlamışlardır. Gezegen fenomenlerinin hesap yoluyla kestirimi ile kehanetlerin remizler yardımıyla öngörülmesi yöntem olarak farklı olmakla beraber sonuç olarak her ikisi de birer kestirimdir ve benzer çevreler tarafından uygulanmışlardır (Swerdlow, 1998). Bu bilimin gelişmesi yüzlerce yıl sürmüştür, bu nedenle antik dönemdeki diğer bilimlere nazaran çalışılması daha zordur. Çünkü konusu (kehanet, gözlem, hesap) diğer hiç bir bilimde olmadığı kadar komplekstir. Matematiksel astronomi antik dönemin en sofistike doğa bilimi olmasının yanı sıra hem ilk ampirik bilim hem de matematikle beraber ilk bilimdir.

Astronomik fenomenler ile ilgili hesaplar hem geçmişe hem de geleceğe dönük olarak yapılmışlardır. Çünkü yazıcılar uygulamalı matematik bilimlere yakın ilgi gösteriyorlardı. Çizelgelerin kompleks ve çeşitli olması bu kayıtları kehanet öngörüsü için gerekli bilginin çok ötesine geçirmiştir.

Eldeki materyalin Babil astronomisinin geldiği seviyeyi mi gösterdiği yoksa daha büyük bir ekolün kalıntıları mı olduğu hakkında net bir şey söylemek mümkün değildir. Babil metodolojisinin anlaşılması hem bahsedilen dönemin uzun olması hem de Yunan astronomi düşüncesinden süzülüp günümüze gelmesi ve bu kültür tarafından perdelenmesi gibi nedenlerle zordur. Eldeki yöntem tabletlerinin az olması ve geometrik model kullanılmaması, olguların tam anlamıyla anlaşılmasına ve Babil astronomisinde teorik model bulunmadığı iddiasının ortaya atılmasına neden olmuştur. Pek çok araştırmacı Babil metodunu takdir etmekle beraber yine de Babillilerin uğraştıkları şeyin mahiyeti ile ilgili bilgi sahibi oldukları ve teorik bir gezegen modeli geliştirdikleri fikrini kabul etmekte gönülsüz görünmektedir.

Babil astronomi tabletlerinin keşfi göreceli olarak yakın bir dönemde olmuştur (19. Yüzyılın sonları). Babilden günümüze kalan bilgiler dağınık ve bölük pörçüktür. Bu bilgilerin tarih aralığı ilk dönem kehanetler zamanından ayrıntılı astronomik tabletlerin bulunduğu Selökidler dönemi sonuna kadardır.

(Neugebauer, 1955, 1975) ve (van der Waerden, 1965) tarafından Selökidler (Seleucus) (M.Ö. 311 – M.Ö. 63) ve sonraki (M.Ö.63- M.S. 75) döneme ait astronomik yöntem ve çizelge metinlerinde sayısal metot ve parametreler keşfedilmiştir. Selökidler dönemi Babil astronomisine ait kayıtlar ve eski Babil dönemine (M.Ö. 1900 – 1600) ait matematik tabletleri Babil matematiğinin daha o zamanlar dikkate değer bir seviyede olduğunu göstermektedir. Babillilerin ne tür metotlar kullandıkları ve hangi sonuçlara ulaştıkları, bu sonuçların hangilerini reddedip hangilerini kabul ederek nesilden nesile aktardıklarına dair çok az şey bilinmektedir.

Babil matematiksel astronomisinin amaç ya da amaçları henüz doyurucu bir biçimde açıklanamamıştır. Metinlerin kendileri amaç hakkında bir bilgi vermezler. Günümüzde astroloji, takvim ya da horoskopların üretilmesi gibi çeşitli amaçlar öne sürülmekle beraber elle tutulur ve etraflı bir senaryo ortaya konamamıştır.

Çizelge metinleri sistematik gözlem programının bir sonucudur, bu gözlem faaliyeti M.Ö. 8. yüzyılda başlamış ve tablet yazımının sona erdiği M.S. 1. yüzyıla kadar hemen hemen kesintisiz bir şekilde devam etmiştir. Gözlem ve hesaplardan elde edilen sonuçlar çizelgeler şeklinde verilmiştir. Bu metinlerin amacı fenomenin zamanını ve konumunu öngörebilmektir. Kullanılan yöntemlerin en azından bir kısmı birkaç metinde açıklanmıştır. Çizelge tabletlerinin astronomik ve pratik amaçlar olmak üzere iki kullanım sahası vardır. Bu metinler yalnızca sayısal sonuçları içerdiklerinden ve diğer niceliklerin hesaplanmasında kullanılmadıklarından kehanet değil astronomik amaçlarla hazırlandıkları söylenebilir.

Gözlem kayıtlarının tutulduğu bir diğer kayıt şekli günlüklerdir. Günlüklerdeki gözlemler kehanet amacı ile yapılmışlardır. Bu metinler yalnızca astronomik verileri değil, ürünlerin fiyatlarını, nehir seviyelerinin yüksekliğini, meteorolojik hadiseleri ve şehirde meydana gelen olayları da içerirler. Bu astronomi dışı veriler M.Ö. 7. yüzyıldan kalan eldeki en eski günlüklerde de bulunmaktadır. Bu, astronomik kestirim ile günlük olayların kestirimi arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Söz konusu iddia ile ilgili kanıtlar gezegen fenomenleri ile günlük olaylar arasında ilişki kurulan çeşitli astrolojik metinlerde bulunmuştur.

Matematiksel astronominin bir başka uygulama alanı horoskoplardır. Horoskopların üretilmesi için gerekli veri günlük hareket tablolarından elde edilir.

Kehanet çalışmaları bu tezin konusu olmadığından, tezin bundan sonraki kısmında tablet kelimesi ile yöntem veya çizelge metinleri kastedilmektedir.

Babil astronomisinde hesaplanan büyüklükler gezegen tabloları için sinodal çevrim, gezegen-periyot ilişkisi ve günlük konumlar, Ay tabloları için Ay Altı çevrimi, Ay ve Güneş tutulmaları ve günlük konumdur.

Gezegen astronomisinde matematik tekniklerinin bilinen en eski kullanımı M.Ö. 4. yüzyılda yazılmış olan metinlerde görülmektedir. Bu matematiksel teknikler yardımıyla gezegenin muhtemelen su saatiyle hesaplanan doğuş veya batış zamanı kullanılarak helyak doğuş ve batış tarihleri önceden belirlenmeye çalışılmıştır.

Aynı yöntem (kestirim yöntemi) Ay'a da uygulanmıştır. Ay için üretilen sinodal tablolar kamerî takvim yapımında kullanılmışlardır.

Kestirim metodunun kullanılmasının nedeni, gözlemin en temel problemi olan hava koşullarının uygunluğu sorununun üstesinden gelmektir. Gözlem hava durumunun insafına kalmıştır; iyi havalarda gözlem yapılabilir ancak kötü havalarda gözlem yapılamaz. Gözlem kayıtlarından bir sonraki fenomenin zamanının ortaya çıkarılması gezegen teorisinin gelişimine çok büyük katkılarda bulunmuştur. Ancak, uygun koşullarda gözlem şarttır. Çünkü fenomenin periyot hassasiyeti yalnızca gözlemden elde edilen değerler yardımıyla arttırılabilir. Bu yöntemle teorik olarak daha hassas periyotlar elde edilebilir. Böylece gezegen teorisinin temelini oluşturan, aynı fenomenin art arda iki görünüşü arasındaki sinodal zaman farkı bulunabilir.

Mezopotamya matematiksel astronomisinin iki büyük başarısı vardır. Bunlar:

1. Gezegen-periyot ilişkisi
2. Hesaplama sistemleri

Gezegen-periyot ilişkisi belirli bir fenomenin yaklaşık aynı zaman ve ekliptikel boylamda art arda meydana geldiği iki tarih arasındaki farktır. Bu farkların periyodik olduğunun keşfedilmesi gözlemlere dayalı olarak tamamen matematiksel yöntemlerle olmuştur.

Hesaplama sistemleri Ay ve gezegenler için kullanılmıştır. Bu sistemler aynı fenomenin bir sonraki konumunu ve zamanını hesaplamaya yarar. Gezegenler için iki temel sistem vardır; Sistem A ve Sistem B. Ayrıca Sistem A'nın bir versiyonu olan Sistem A' de kullanılan sistemlerden biridir. Sistem A da Zodyak yavaş ve hızlı sinodal yay olmak üzere ikiye bölünür ve hesaplar bu varsayımla yapılır. Sistem A' de ise 4 kısma ayrılır; yavaş, orta hızlı, hızlı ve orta hızlı yaylar. Sistem A', Sistem A dan daha komplike bir sistemdir. Sistem B de Zodyak hızı sabit bölgeler ayrılmaz. Bunun yerine hızlanan ve yavaşlayan yaylar öngörülmüştür. Gezegenin hızı maksimum ve minimum arasında salınır. Bu yöntem (Neugebauer, 1955) tarafından Lineer Zigzag Fonksiyonu adı verilmiştir.



dayanan ticaret aracılığıyla sağlamaktaydılar. Şehir yaşamı iş bölümünü zorunlu hale getirdiği için değişik iş kolları oluşmuştur.

Bu çağın en önemli kenti olan Uruk, en parlak zamanını Uruk Dönemi ve devamında yaşamıştır. Uruk, Eanna ve Kullaba adlı iki yerleşim yerinin birleşmesinden oluşmaktadır. Kullaba gök tanrısı Anu'ya, Eanna aşk tanrıçası İnanna'ya adanmıştır.

Uruk döneminin sonlarına doğru, M.Ö. 3200'lerde bilinen en erken yazılı belgeler ortaya çıkmıştır. Bu belgeler resim karakterindeki işaretlerden oluşur. Yazı yaygınlaştıkça bu işaretler küçüldü ve resim özelliğini kaybetti.

Yazı geleneğinin kesintisiz bir biçimde sürdürülebilmesi için okul şarttır. Yazıcılar özellikle tapınak ve resmi işlerde istihdam edilmekteydi. Bu sınıfı yetiştirmek için okullarda eğitim verilmiştir. Fakat toplumda okuryazarlık yaygın değildir. Bu durum yazıcı sınıfını ayrıcalıklı bir konuma getirmiştir. Yazıcılar, kutsal metinler, resmi evraklar, ticari listeler ve senetler hazırlamaktaydı.

Sümerlerden sonra bölgeye Assur, Babil, Akkad gibi topluluklar gelmiş, Sümer kültürünü benimsemiş ve devam ettirmişlerdir. Sümerlerden sonra çiviyazısı başta Akkad, Assur, Babil olmak üzere bütün Mezopotamya ugarlıkları tarafından kullanılmıştır.

2. Sümerler (erken hanedan dönemi) (m.ö. 2900-2350)

Sümerler, Ortadoğu'da tarihsel süreci başlatan toplum olarak bilinmektedir. Sümerlerin kökenleri konusu belirsizliğini korumaktadır. Yerli halk veya göçle gelen bir kavim olabilirler. Yaşam biçimleri Güney Mezopotamya'nın geleneksel yaşam tarzına benzediğinden yerli bir halk oldukları düşünülmektedir.

Sümerlerin hakimiyetinden sonra hazırlanmış olan Sümer Kral Listelerine göre Sümer topraklarında mitolojilerinde büyük önemi bulunan Tufan hadisesinden önce egemenlik kurmuş, sekiz yönetici ve bunların kentleri vardır. Sümerlere göre Eridu, Tanrılar tarafından kendisine yeryüzündeki ilk krallığı kurma görevi verilen şehirdir. Tufan neticesinde bu krallık yıkılmış, tekrar kurulduğunda egemenlik şehirler arasında sürekli el değiştirmiştir. Tufan'dan sonra hükümdarlık yapan ilk Sümer hanedanları, sırasıyla Kiş, Uruk ve Ur'dur. Bu üç kent dönemin siyasi ve sosyal gelişmelerini yönlendiren merkezlerdir.

Güney Mezopotamya'da, belirli bir büyüklüğe ulaşmış her şehir bir krallık şeklinde organize olmuş veya tarihin bir döneminde krallık iddiasında bulunmuştur. Bu şehir krallıkların en önemlileri, Ur, Lagas, Nippur, Sippar, Kiş, Uruk ve Eridu'dur. Bölgedeki her şehir surlarla çevrilmiştir. Çevresinde ise köyler bulunmaktadır.

Sümerler çok tanrılı bir dine inanmaktaydılar. Tanrılar panteonu yüzlerce

tanrı, tanrıça ve kutsal varlıktan oluşmaktaydı. Tanrıların eşleri, çocukları ve yardımcıları vardı. Tapınakların büyüklükleri adandığı tanrının tanrılar panteonundaki konumlarına göre değişmekteydi. Her şehrin bir baştanrı için inşa edildiği ve bu tanrının evi olduğu kabul edilmekteydi. İlk dönemlerde baştanrı gök tanrısı Anu idi ancak daha sonra bu ünvanı hava tanrısı Enlil almıştır. Enlil'in Nippur'da Ekur adındaki tapınağı bulunmaktadır. Tanrı Enlil aynı zamanda tüm tanrılar panteonunun babası olarak kabul edilmiştir. Nippur, ayrıca Sümerlerin dini başkenti olmak özelliğine sahipti. Sümerlerin dinleri ve mitolojileri, Mezopotamya'ya sonradangöçle gelen diğer kavimleri de etkilemiştir. Söz konusu kavimler, Sümer tanrılarını isimlerini değiştirmek suretiyle aynen kabul edilmiştir.

Sümerce, Mezopotamya ve civarında konuşulan ve yazılı bir kültür oluşturan tüm dilleri etkilemiştir. Söz konusu diller Sümerce'den önemli sayıda kelime almışlardır. Bunun en önemli nedeni, Sümerce'nin din ve bilim dili olarak benimsenmesidir.

3. Akkadlar (m.ö. 2334-2150)

Akkadlar Sümer topraklarına göç ederek gelen Sami kökenli en eski topluluktur. Akkad göçü M.Ö. üçüncü binyıl boyunca yavaş yavaş olmuştur. Dışarıdan gelen toplumlar Sümer kültür ve yaşayışını kabul etmiş ve kendi katkılarını da yaparak söz konusu kültürün sonraki uygarlıklara aktarılmasında önemli bir rol oynamışlardır. Akkadlar, günlük hayatta Akkadca konuşulmakla beraber devlet işleri ve dini törenlerde Sümerce kullanmaya devam etmişlerdir. Geçmişten gelen kurumların varlıkları devam etmiş, hakim ananevî kültür herhangi bir kesintiye uğramamıştır.

Akkadların anavatanı konusunda yeterince bilgi yoktur. Akkad adının kökeni de bilinmemektedir. Söz konusu adın Akkad kralı Sargon'un başkent olarak kullandığı Akkad'dan (Agade) gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Basra körfezi ile Nippur arasındaki bölge M.Ö. üçüncü binyılın sonlarında Sümer olarak adlandırılmaya devam ederken Mezopotamya'nın kuzey bölgeleri Akkad olarak adlandırılmaya başlanmıştır. Güney için kullanılan Sümer adı, yerini M.Ö. ikinci binyıldan itibaren Babil'e bırakmıştır..

Akkad İmparatorluğu'nun kurucusu Sargon'dur. Sargon'dan sonraki yaklaşık iki yüzyıllık sürede iktidara gelen kralların pek çoğunun yalnızca adları bilinmektedir. İktidarda kalış süreleri de kesin değildir, tahminler sonucu hesaplanmaktadır. Akkad kralları hakkındaki bir çok bilgi, M.Ö. ikinci binyılın başlarına tarihlenir. Akkad kralları hakkında birinci elden bilgiler, tanrı Enlil için Nippur'da inşa edilmiş tapınağa armağan olarak sunulan heykel ve kabartmaların üzerindeki yazıtlar, mühürler ve anıtsal dikili taşlardan elde edilmektedir. Akkad krallarının listesi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo1. Akkadlar kral listesi.

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
Sargon	2334-2279
Rimuş	2278-2270
Maniştusu	2269-2255
Naram-Sin	2254-2218
Şar-kali-şarri	2217-2193
İgigi	?
Nanum	?
İmi	?
Elulu	?
Dudu	2189-2169
Şu-T/Durul	2168-2154

Akkadlar yıkılışı Naram-Sin'in son yılları ve oğlu Şar-kali-şarri'nin hükümlerlik dönemindeki karışıklıklar ile başlamıştır. Ülkenin kuzey taraflarında sağlanan istikrar ve denetim bu iç karışıklıklar nedeniyle bozulmuş, ve göçle gelen Gutiler güneye doğru inmişlerdir.

Hurriler Kafkasya'dan göç ile gelen bir topluluktur. Bu topluluk Kuzey Suriye ve Güneydoğu Anadolu'da yeni bir güç olarak ortaya çıkmıştır. Aynı dönemde Sami kavmi olan Amurrular da Kuzey Suriye'de güçlenmişlerdir.

Pek çok göç hareketi ile Akkadların başkenti Agade yıkılmış, Akkad Devleti ortadan kalkmıştır. Mezopotamya'ya göç eden kavimler arasında Gutiler de vardır. Gutiler Mezopotamya'ya göç eden ve buradaki kadim benimseyen pek çok kavim gibi bu yapı içinde erimiştir. Gutiler hakkında bilinenler çok azdır. Haklarında yalnızca isimleri ve dağlı bir kabile oldukları gibi sınırlı birkaç bilgi dışında fazla bir şey bilinmemektedir.

Sümer şehir devletleri Akkad İmparatorluğu'nun zayıflamasını fırsat bilmişler ve bu devletlerin bir kaçı bağımsızlığını ilan etmiştir. Bu devletlerin en önemlileri Uruk, Kiş ve Lagaş'tır. Bu dönem yarım yüzyıldan uzun süren bu dönem, Ur şehrinin M.Ö. 2112 yılında siyasi olarak öne çıkmasıyla sona ermiştir. Ur şehrinin liderliğini yaptığı bu dönem, Sümerlerin son parlak devridir.

4. Ur sülalesi (m.ö. 2112-2004)

III. Ur Sülalesi, Ur-Nammu tarafından kurulmuştur. Bu sülale Yeni Sümer Devleti olarak adlandırılan döneme adını vermiştir. III. Ur Sülalesi, yüz yıl kadar hüküm sürmüştür. Sümer kral listelerine göre Ur şehri, Ur-Nammu ile birlikte yönetimi üçüncü kez devralmıştır. Bu yüzden söz konusu hanedana III. Ur Sülalesi adı verilir. Ur Sülalesinin kral listesi Tablo 2'de verilmiştir. Ur, Mezopotamya tarihinin en önemli şehirlerinden biridir. Bu şehir pek çok siyasi gelişmeye öncülük etmiştir..

Ur-Nammu'dan sonra tahta Şulgi geçmiştir. Şulgi, Sümer mitolojisinde ve edebiyatında önemli izler bırakmıştır. Bu kral adına tapınaklar yapılmış, ilahiler yazılmış, ve kendisi tanrı-kral olarak kabul edilmiştir.

Şulgi'den sonra III. Ur Sülalesi gücünü bir süre daha korumuş ancak bu uzun sürmemiştir. Mezopotamya toprakları büyük çoğunluğu Suriye'den gelen yeni göçler almıştır. Ayrıca duğuda bulunan Elamlar sürekli akınlar yapmışlar bunun sonucunda devlet yıkılmış, Ur kenti harap olmuştur. Şehrin hem sembolü hem de koruyucusu olan dini yapılar talan edilmiştir.

III. Ur Sülalesi'nin sona ermesi ile Sümerlerin siyasi üstünlüğü de sona ermiştir. Ancak kültürleri, din, bilim, yazı, edebiyat, ve mimari alanlarında kendilerinden sonraki toplumları etkilemeyi sürdürmüştür.

Tablo 2. III. Ur Sülalesi kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
Ur-Nammu	2112-2095
Şulgi	2094-2047
Amar-Sin	2046-2038
Şu-Sin	2037-2029
İbbi-Sin	2028-2004

III. Ur Sülalesi döneminin en dikkat çekici yapıları Zigguratlardır. Zigguratlar, piramit biçiminde inşa edilmiş tapınak binalarıdır. Şehrin baştanrısına adanan tapınak zigguratın tepesinde bulunmaktadır. Zigguratlar yalnızca dini birer yapı değil, aynı zamanda astronomik gözlemlerin yapıldığı birer rasathanedirler. Mezopotamya'da yapılan ve kayıtları tutulan gözlemler Zigguratların tepesinde yapılmıştır. Gözlemleri yapan kişiler aynı zamanda tapınakta da görevli olan rahiplerdir.

5. Assur krallıkları

Akkadların ve arkasından da -III. Ur Sülalesi döneminde Güney Mezopotamya'ya yerleşen ve Akadlardan sonraki en büyük Sami grubu olan Amurruların gelişinden itibaren yavaş yavaş Mezopotamya'nın tümüne yayılan Sami kökenli toplumlar iki bölgede uzun süreli siyasi ve kültürel merkezler oluşturmuşlardır.

Bu merkezlerden kuzeyde olanı Assur'dur. Güneyde ise Babil öne çıkmıştır. Bu iki merkez sahip oldukları kadim kültürü neredeyse kesintisiz bir şekilde M.Ö. yedinci ve altıncı yüzyıllara kadar sürdürmüşlerdir.

M.Ö. ikinci binyılın başlarından M.Ö. 612 yılında son başkent Ninova'nın yıkılışına kadar varlığını sürdüren Assur devleti tarihi üç dönem halinde incelenir:

1. Eski Assur Krallığı (M.Ö. 2025-1381)
2. Orta Assur Krallığı (M.Ö. 1381-912)
3. Yeni Assur Krallığı (MÖ 911-612)

Yaklaşık olarak bin beş yüz yıl devam eden Assur medeniyeti birçok bakımdan Sümerler döneminde oluşan geleneklerin devamıdır.

a) Eski assur krallığı (m.ö. 2025-1381)

Assur Krallığı ve bu krallığın başkenti adı baştanrı Assur'dan gelmektedir. Şehir, Eski Assur Krallığı döneminde önemli bir ticaret ve kültür merkezi olmuştur.

I.Şamşi-Adad döneminde ticaret yollarını kontrol altına alan Assur bölgede tek büyük güç konumuna gelmiştir. Ancak daha sonraları uluslar arası ticaretin kesintiye uğraması ile birlikte Assur'un siyasi etki alanının daraldığı ve yeniden bir kent devleti biçimine dönüştüğü görülmektedir.

Eski Assur Krallığı döneminde tutulan yazılı kayıtlar için belirli bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistemin bir sonucu olarak tutulan kayıtlara tarih konulmaya başlanmıştır. Söz konusu sistemde, limmu adı verilen ve her yıl tayin edilen bir bürokrat olarak seçilir ve söz konusu yıla o limmunun adı verilirdi. Limmuların bir liste şeklinde kayıtları tutulurdu. Tarihlendirme "...nın limmu yılında" şeklindeydi. Bahsedilen yöntem III. Ur Sülalesi döneminde de uygulanmıştır. Tablo 3'te Eski Assur krallarının listesi verilmiştir.

Tablo 3. Eski Assur Krallığı kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
Sulili	?
Kikkiya	?
Akiya	?
I.Puzur-Aşur I	1975 civarı
Şalim-ahum	?
Llu-şuma	1945-1906
I.Erişum	1905-1867
İkunum	?
I.Sargon	?
II.Puzur-Aşur	?
Naram-Sin	?
II.Erişum	?
I.Şamşi-Adad	1700 civarı (33 yıl)
I.İşme-Dagan	40 yıl
Mut-Aşkur	?
Remu...	?
Asinum	?
Aşur-dugul	?
Aşur-apla-idi	?
Nasir-Sin	?

Tablo 3. (devam) Eski Assur Krallığı kral listesi

Sin-namir	?
İpki-İştär	?
Adad-salulu	?
Adasi	?
Bel-bani	10 yıl
Libaya	17 yıl
I.Şarma-Adad	12 yıl
İptar-Sin	12 yıl
Bazaya	28 yıl
Lullaya	6 yıl
Şu-Ninua	14 yıl
II.Şarma-Adad	3 yıl
III.Erişum	13 yıl
II.Şamşi-Adad	6 yıl
II.İşme-Dagan	16 yıl
III.Şamşi-Adad	16 yıl
I.Aşur-nirari	26 yıl
III.Puzur-Aşur	24 veya 14 yıl
I.Enlil-nasir	13 yıl
Nur-ili	12 yıl
Aşur-şaduni	1 ay
I.Aşur-rabi	?
I.Aşur-nadin-ahhe	?
II.Enlil-nasir	1420–1415
II.Aşur-nirari	1414–1408
Aşur-bel-nişeşu	1407–1399
Aşur-rim-nişeşu	1398–1391
II.Aşur-nadin-ahhe	1390–1381

b) Orta assur krallığı (m.ö. 1381-912)

Kuzey Mezopotamya'da hakim olan Mitanni Krallığı'nın zayıflama sürecine girince Assur yeniden güçlenmiş ve bölgede önemli bir güç haline gelmiştir. Orta Assur krallığı M.Ö. on dördüncü yüzyılda kurulmuş ve M.Ö. dokuz yüz yıllarına kadar ayakta kalmıştır. Söz konusu dönemde Babil ve çevresinde Kassit kökenli krallar hüküm sürmektedir.

Assur'un ilk önemli kralı I. Aşur-Uballit'tir. Aşur-Uballit, kuzeyde Toroslar, doğuda Zagroslar'a kadar olan alanı hükümranlığı altına almıştır. İmparatorluk I. Adad-Narari'den itibaren bölgenin en kuvvetli gücü olmuştur.

Devlet, I. Tukulti-Ninurta'dan sonra (bkz. Tablo 4), meydana gelen göç dalgaları nedeniyle zayıflamaya başladı. I. Tiglat-Pileser'den sonra krallık iyice küçülmüş

ve yalnızca başkent ve çevresine hakim olabilen bir şehir devleti haline dönüşmüştür.

Orta Assur döneminde de tarihlendirme limmuların adları esas alınarak yapılmıştır. Bu dönemde limmuları esas alan tarihlendirmenin yanı sıra ikinci bir tarihleme sistemi daha kullanılmıştır. Yıllara ait olaylar “krallığının ... yılında ... ın limmu olduğu zaman” şeklindeki bir tarihlendirme ile başlamaktadır.

Tablo 4. Orta Assur Krallığı kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
I. Eriba-Adad	1381-1365
I. Aşur-Uballit	1365-1329
Enlil-Nirari	1329-1319
Arik-Den-ili	1319-1307
I. Adad-Narari	1307-1274
I. Şalmaneser I	1274-1244
I. Tukulti-Ninurta	1244-1207
Aşur-Nadin-Apli	1207-1203
III. Aşur-Nirari	1203-1197
Enlil- Kudurri-Usur	1197-1192
Ninurta-Apil-Ekur	1192-1180
I. Aşur-Dan	1180-1134
Ninurta-Tukulti-Aşur	1134
Mutakkil-Nusku	1134
I. Aşur-Reş-İşi	1133-1115
I. Tiglat-Pileser (Tikulti-apal-Eşarra)	1115-1077
Aşarid-apil-Ekur	1076-1075
Aşur-bel-kala	1074-1057
II. Eriba-Adad	1056-1055
IV. Şamşi-Adad	1054-1051
I. Aşur-nasir-pal	1050-1032
II. Şalmaneser	1031-1020
IV. Aşur-Nirari	1019-1014
II. Aşur-rabi	1013-973
II. Aşur-reş-işi	972-968
II. Tiglat-Pileser	967-935
II. Aşur-Dan	935-912

c) Yeni assur krallığı (m.ö. 912-612)

Yeni Assur Krallığı'nın genişleme ve güçlenme süreci M.Ö. onuncu yüzyılda başlamıştır. II. Adad-Nirari, bu süreci başlatan Assur kralıdır. Devletin M.Ö.

dokuzuncu yüzyıldaki hüküm süren en güçlü kralları II. Aşur-nasir-pal ve oğlu III. Şalmaneser'dir (bkz. Tablo 5).

Esarhaddon'dan sonra Assur tahtına geçen Aşurbanipal son güçlü kraldır. Aşurbanipal'den sonra tahta geçen krallar seleflerinin başarılarını sürdüremediler ve genişleme sürecini devam ettiremediler. Yeni Assur krallığının yıkılış süreci Medlerin M.Ö. 614 yılında Assur devletinin merkez bölgelerine yaptığı seferle başlamıştır. Medler yaptıkları sefer ile Nimrud ve Assur'u ele geçirmişlerdir. Ayrıca M.Ö. 612 yılında güneyden hücum eden Babilliler ile kuzeyden saldıran İskitlerin de yardımı ile başkent Ninova'yı ele geçirip yakıp yıktılar. Bu olay sonucunda kral ailesi Harran'a kaçmış ve M.Ö. 609 yılına kadar burada hüküm sürmüştür. Bundan sonra Mezopotamya tarafları Babil'in, Anadolu ve civarı Medler'in hakimiyeti altına girmiştir.

Bu döneme ait yaklaşık 250 yıllık bir dönemi kapsayan limmu listeleri hemen eksiksiz olarak mevcuttur. Söz konusu listelere dönemin bazı önemli olayları da kaydedilmiştir. Bu olaylardan biri bir Güneş tutulmasıdır. Söz konusu Güneş tutulması M.Ö. 15 Haziran 763 yılında gerçekleşmiştir.

Yeni Assur Krallığı'nın başkentinde ve eyalet merkezlerinde, resmi yazışmalarının tutulduğu arşivler vardı. Söz konusu arşivlerde önemli mektuplar ve askeri ve ekonomik konulara ilişkin yazışmalar saklanıyordu. Kutsal metinler başkent Assur'da bulunan arşivde de saklanmaktaydı.

En önemli krallardan biri olan Aşurbanipal, Sümer ve Babil topraklarına yaptığı seferlerden sonra, buralarda saklanan tabletleri ülkesine getirmiş ve bunların kopyalarını yaptırmıştır. Ninova'da büyük bir kütüphane kurmuş ve elde ettiği bütün belgeleri bu kütüphanede saklamıştır. Bu kütüphane de dönemin dini ve bilimsel hemen her metni de bulunmaktaydı. Gılgamış ve Yarattılış Destan gibi eserler Ninova'da bulunan tabletler sayesinde okunabilmiştir.

Assur'ların tanrılar panteonunun tepesinde Assur bulunmakta idi. Panteonun diğer önemli tanrıları aşk tanrıçası İştâr, Güneş ve adalet tanrısı Şamaş, savaş tanrısı Ninurta, Ay tanrısı Sin ile fırtına tanrısı Adad'dır. Bu tanrılar için yapılan tapınaklar kentlerdeki önemli yapılar arasındadır. Bunlardan başka inanılan pek çok tanrı, tanrıça ve kutsal varlık vardı.

Kehanetlere Mezopotamya günlük yaşamında önemli yer tutar. Rahip ve kâhinlerin gelecek hakkındaki öngörülerini dikkate alınır. kâhinlerin, Tanrıların çeşitli yollarla gönderdikleri gelecek hakkındaki mesajları anlayabildiğine inanılırdı.

Assur kralları önemli gördükleri durumlarda kâhinlerden gelecekle ilgili kehanetler isterlerdi. Şayet kehanetler başlarına kötü bir şey geleceğini işaret ediyorsa bu durumu bertaraf etmek için tahta vekil kral adı verilen sahte bir kral oturtulur ve fenalığın onun başına gelmesi beklenirdi. Kral Esarhaddon

döneminde altı, Aşurbanipal zamanında ise krallık tahtına iki kez söz konusu nedenle vekil kral geçirilmiştir.

Tablo 5. Yeni Assur Krallığı kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
II. Adad-Nirari	912-889
II. Tukulti-Ninurta	889-884
II. Aşur-nasir-pal	884-859
III. Şalmaneser	859-824
V. Şamşi-Adad	823-811
III. Adad-Nirari	811-783
IV. Şalmaneser	783-773
III. Aşur-Dan	773-755
V. Aşur-Nirari	755-745
III. Tiglat-Pileser	745-727
V. Şalmaneser	727-722
II. Sargon (II. Şarru-kin)	722-705
Sennaçerib (Sin-ahhe-eriba)	705-681
Esarhaddon (Aşur-aha-iddin)	681-669
Aşurbanipal (Aşur-ban-aplu)	669-627
Aşur-etil-ilani	631-627
Sin-şar-işkun	627-612
Sin-şumu-lişir	626
II. Aşur-uballit	612-609

6.Babil krallıkları

Babil, hem Güney Mezopotamya'da bulunan bir kentin adı, hem de bu coğrafyada M.Ö. bin dokuz yüz yıllarında kurulan krallıktan sonra tüm bu bölgenin adı olarak anılmaktadır. Babil ülkesine ilk önce Sümerler daha sonra, Akkad ve Amurru kökenli toplumlar yerleşmiştir. Eski Babil kralları Amurru kökenlidir. Babil siyasi tarihi üç bölüme ayrılmaktadır:

1. Eski Babil Krallığı (M.Ö. 1897-1595)
2. Kassit Devleti (M.Ö. 1595-1155)
3. Yeni Babil Krallığı (MÖ 626-539)

a) Eski babil krallığı (m.ö. 1897-1595)

Eski Babil Krallığı'nın kurulduğu dönemde, Mezopotamya'da birçok kent devleti bulunmaktaydı. Babil bu kent devletleri arasında öne çıkanlardan biridir. Eski Babil Krallığı altıncı kral Hammurabi döneminde gelişerek bölgenin hakim gücü olmuştur.

Hammurabi'nin iktidarı kırk iki yıl sürmüştür. Hammurabi'den sonra Babil yakaladığı bu ivmeyi sürdürememiştir. Söz konusu dönemde Kassit adlı bir

kavim doğudan gelmiş ve bölgenin istikrarını büyük ölçüde bozmuştur. Babil, Hitit kralı I. Murşili'nin M.Ö. 1595 yılında yaptığı sefer sonucu düşmüş ve bunun sonucunda yağmalanmıştır. Bu hadise Eski Babil devletinin sonu olmuştur (bkz. Tablo 6).

M.Ö. ikinci binyılda Babil ve Assur devletlerinde kayıt sisteminin geliştiği görülmektedir. Bu devletlerin özellikle başkentlerindeki tapınaklarda ve saraylarda ihtiyaç duydukları yazıcı sınıfını yetiştirmek için geçmişten gelen eğitim sistemi devam ettirilmiştir. Devlet bürokrasisinde yazıcılık her zaman ayrıcalıklı bir sınıf olmuştur.

Tablo 6. Eski Babil Krallığı kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
Sumu-abum (Su-abu/Suum-abum)	1897-1883
Sumu-la-El (Sumula-ilum)	1883-1847
Sabium (Sabum)	1847-1832
Apil-Sin	1832-1812
Sin-muballit	1812-1793
Hammurabi	1792-1750
Samsu-iluna	1750-1712
Abi-eşuh (Abieşu)	1712-1684
Ammi-ditana	1684-1647
Ammi-zaduga (Ammisaduka)	1647-1626
Samsu-ditana (Samsuditana)	1626-1595

b) Kassit devleti (m.ö. 1595-1155)

Eski Babil Sülalesi'nin 1595 yılında Hitit kralı I. Murşili tarafından yıkılmasının ardından Babil ve çevresine Kassitler yerleşmiştir.

Kassit adı Babil kayıtlarında M.Ö. on sekizinci yüzyıldan itibaren geçmeye başlar. Mezopotamya'ya doğudan geldikleri düşünülmektedir. Daha önce bölgeye gelen Amurrular gibi uzun süren göç dalgası sonunda kentlerdeki nüfusları çoğalmış ve birçok yerde yönetimi ele geçirmişlerdir. Kassitler hakim kültürü benimseyerek asimile olmuşlardır. Egemenlikleri süresince resmi yazışmalarda Babilceyi kullanmışlardır. Babil'in baştanrısı Marduk'a saygı gösterilmeye devam edilmiş ve panteondaki konumu korunmuştur.

Güney Mezopotamya Kassit devleti döneminde bir siyasi yönetim çatısı altına girmiştir. Kassitlerin Güney Mezopotamya'da güçlenmeleri sonrasında egemenlik alanlarını kuzeye doğru genişletme çabası, bölgenin egemen gücü olan Orta Assur Krallığı tarafından durdurulmuştur. Assur kralı I. Tukulti-Ninurta Babil'e saldırmış ve şehri ele geçirmiştir. Marduk'un heykeli ile kutsal metin tabletlerini Assur'a taşımıştır. Marduk, Assur'da da büyük saygı görmüş, bunun bir sonucu olarak Babil inanç sistemi de yaygınlaşmıştır.

Kassit hükümdarlığı kısa süreli bir Assur'un denetiminin ardından Elam kralı Şutruk-Nahhunte'nin M.Ö. 1155 yılında meydana gelen saldırısı ile sona ermiştir (bkz. Tablo 7).

Babil devletlerinde tarihlendirmelerde yılın en önemli olayı kullanılıyordu. Belgelerde bir olaydan söz edilirken örneğin "...nin yıkıldığı yıl" gibi tarih düşülüyordu. Yazılı belgelerde geçen bu tür tarihlendirmeler, bölgenin tarihini doğru şekilde anlayabilmek açısından büyük önemi haizdir.

Tablo 7. Kassit Devleti kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
II. Agum (Agum-Kakrime)	1595-1545
I. Burnaburiaş	1545-?
III. Kaştiliaş	?
Ulamburiaş	?
III. Agum	?
I. Kadaşman-harbe	?
Karındaş	?
I. Kurigalzu	?-1391
I. Kadaşman-Enlil	1391-1375
II. Burnaburiaş	1375-1347
Kara-hardaş	1347-1345
Nazi-Bugaş (Şuzigaş)	1345
II. Kurigalzu	1345-1324
Nazi-Maruttaş	1323-1298
Kadaşman-Turgu	1297-1280
II. Kadaşman-Enlil	1279-1265
Kudur-Enlil	1265-1255
Şagarakti-Şuriaş	1255-1243
IV. Kaştiliaş	1243-1235
Enlil-nadin-şumi	1227-1224
II. Kadaşman-Harbe	1223
Adad-şuma-iddina	1222-1217
Adad-şuma-usur	1216-1187
II. Meli-Şipak (Melişipak)	1186-1172
I. Marduk-apla-iddina	1171-1159
Zababa-şuma-iddin	1158
Kutir-Nahhunte	1158-1155
Enlil-nadin-ahhe (Enlil-Şuma-Usur)	1157-1155

c) Yeni babil krallığı (m.ö. 626-539)

Yeni Assur Krallığı'nın baskın gücüne rağmen Babil siyasi anlamda varlığını sürdürmüştür. Yeni Assur İmparatorluğu Babil ve çevresinde ayrılıkçı bir

yapının oluşmasını engellemek için yoğun çaba sarf etmiştir. Bu sebeple Babil defalarca yakılıp yıkılmış ancak yeniden inşa edilmiştir. III. Tıglat-Pileser (M.Ö. 750 civarları) ve sonraki Assur kralları kendilerini Babil'in de kralı ilan etmişlerdir.

Assur İmparatorluğu'nun yıkılışı ile güçlenen Yeni Babil Krallığı, söz konusu devletin mirasını devralmıştır. Devletin ömrü M.Ö. 626 yılından M.Ö. 539 yılındaki Pers işgaline kadar yaklaşık 87 yıllık bir dönemi kapsar. Yeni Assur ile Yeni Babil devlet yapısı, yönetim anlayışı ve kültür bakımından neredeyse birbirinin devamıdır.

Yeni Babil Krallığı'nın ilk hükümdarı Nabopolassar'dır (bkz. Tablo 8). Nabopolassar Yeni Assur Krallığı'nın yıkılışı döneminde Medlerle işbirliği yapmış ve başkent Ninova'nın düşmesinde önemli rol almıştır. Yeni Babil Krallığı kısa zamanda güçlenmiştir. Son Assur kralı II. Aşur-uballit Harran'a kaçmış ve Mısır'ın desteğini alarak direnmeye çalışmış ancak Nabopolassar tarafından yenilmiştir. Mısır, Assur İmparatorluğu'nun yıkılış sürecinde bölgedeki nüfuzunu artırmaya çalışmış ancak Karkamış civarında M.Ö. 605 yılında yapılan savaşta mağlup olmuştur. Böylece Babil devleti bölgenin tek hakimi haline gelmiştir.

Nabopolassar'dan sonra tahta Nebukadnezar çıkmıştır. Nebukadnezar, M.Ö. 597 yılında Yahuda Krallığı'na savaş açmış ve Kudüs kuşatması neticesinde on bin civarında yahudiyi Babil'e sürgün etmiştir. Kudüs Babil'e boyun eğmemiş ancak M.Ö. 586 yılında yapılan savaşla ele geçirilmiştir.

Yeni Babil Krallığı, Ahameniş hükümlerine kadar gücünü ve sınırlarını korumayı bilmiştir. M.Ö. 539'da Ahamenişler Babil'i ele geçirdiler. Bunun neticesi olarak bu bölgede Mezopotamya kökenli devletlerin egemenliği son bulmuştur. Egemenlik, M.Ö. 334 civarında başlayan Büyük İskender'in seferlerine kadar Ahamenişlere geçmiştir. Mezopotamya kültürü Persler ve arkasından gelen Selökidler tarafından derinden etkilenmiştir.

Babil'deki tapınaklarda yazıcılar sıkı bir eğitimden geçer, edebi ve dini metinleri öğrenir ve kopyalarını çıkarırlardı. Müfredatın için de kehanet eğitimi de vardı. Babil, Mezopotamya'nın en büyük kâhinlerinin toplandığı bir merkez konumundaydı. Kâhinler kralların en önemli danışmanlarından biriydi. Sefere çıkmadan önce muhakkak kâhinlere danışılır ve onların verdiği bilgilere göre hareket edilirdi. Babil astronomisinin ilk dönem gelişiminde temel motivasyon göksel olayları doğru okumak ve doğru kehanetlerde bulunabilmektir.

Babil tanrılar panteonunun tepesinde Marduk bulunur. Marduk, Sümer tanrılarının pek çoğunun özelliklerini uhdesinde toplamıştır. Bu tanrı Jüpiter gezegeni ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle yapılan gezegen gözlemlerinin büyük kısmı Jüpiter'e aittir.

Şehirde yapılan bütün önemli törenlerde kral baştanrı Marduk heykeline hediyeler sunar ve tören alayına onunla birlikte katılırdı.

Tablo 8. Yeni Babil Krallığı kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
Nabopolassar (Nabu-apla-usur)	626-611
Neço	611-605
II. Nebukadnezar (Nabu-kudurri-usur)	604-562
Amel-Marduk (Evil-Merodaç)	562-560
Nergal-şar-usur(Nergal-şarezer/Neriglissar)	560-556
Labası-Marduk	556
Nabonidus (Nabu-na'id/Nabo-Naid)	556-539

7.Ahameniş imparatorluğu (m.ö. 539-330)

Ahameniş İmparatorluğu'nun nüveleri Büyük Kiros tarafından 559 yılında atılmıştır. Büyük Kiros önderliğinde örgütlenen Persler M.Ö. 550'de kuzeydeki Medler'le savaşmış ve bu savaşı kazanmışlardır. Bu savaş sonunda Ahameniş İmparatorluğu bölgesel bir güç haline gelmiştir. Fetihlerine devam eden Büyük Kiros Anadolu'yu ele geçirmiş ardından Babil'e saldırmış ve M.Ö. 539'da bu bölgeyi fethedip kendini Babil kralı olarak ilan etmiştir. Devletin resmî olarak kurukduğu tarih olarak bu olay kabul edilmektedir.

Büyük Kiros ölünce yerine oğlu II. Kambises geçmiştir. II. Kambises M.Ö. 525'de Mısır'ı fethetmiş, Pers ordusu Kartaca'ya kadar ilerlemiş ancak Kartacalıları geçememiştir.

II. Kambises Mısır dönüşü Suriye'de ölmüş, yerine kısa süreliğine Smerdis daha sonra Büyük Daryus geçmiştir. Büyük Daryus bir süre iç isyanlarla boğuşmuştur. Bu isyanlardan en önemlilerinden biri elebaşılığını Nidintu-Bêl adında birinin yaptığı Babil isyanıdır. İsyancıları bastıran Büyük Daryus fetih hareketlerine girişmiş ve doğuda Hindistan'a kadar olan toprakları, batıda ise Makedonya, Ege ve Trakya'yı ele geçirmiştir. Bunun üzerine Spartalılar ile Ahameniş İmparatorluğu arasında Büyük Daryus ve oğlu I. Büyük Xerxes zamanında Salamis Deniz Savaşı vuku bulmuştur.

II. Artaxerxes Mnemon döneminde imparatorluk dağılmaya başlamış, ayaklanmalar baş göstermiş, Mısır bağımsızlığını ilan etmiştir. Meydana gelen isyan hareketleri güçlükle bastırılmıştır. Ancak, Büyük İskender III. Daryus Kodomannus döneminde Ahameniş İmparatorluğu'na son vermiştir. Tablo 9'da Ahameniş İmparatorluğu kral listesi görülmektedir.

Tablo 9. Ahameniş İmparatorluğu kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
Büyük Kiros	539-Kasım 530

Tablo 9. (devam) Ahameniş İmparatorluğu kral listesi

II. Kambises	31 Ağustos 530 dan önce-18 Nisan 522 den sonra
Smerdis (Bardiya)	11 Mart 522-29 Eylül 522
Büyük Daryus	29 Eylül 522-17 Kasım 486 dan sonra
I. Büyük Xerxes	1 Aralık 486 dan önce-4, 8 Ağustos 465 arası
I. Artaxerxes Longimanus	4, 8 Ağustos 465 arası-24 Aralık 424 den sonra
II. Xerxes	423 ün başları
Sogdianus	423 ün başları
II. Daryus Notus	10 Ocak 423 den önce-Nisan 404
II. Artaxerxes Mnemon	3 Nisan 404-Ocak 358 den sonra
III. Artaxerxes Oçus	11 Mart 358 den önce-26 Ağustos 338 den sonra
IV. Artaxerxes Arses	25 Eylül 338 den önce-336 Yazı
III. Daryus Kodomannus	336 Yazı-Temmuz 330

8.Selökid İmparatorluğu (m.ö. 311-63)

Büyük İskender'in M.Ö. 11 Haziran 323 tarihinde ölümünden sonra imparatorluğu diadoki adı verilen generalleri arasında bölündü. Bu generallerden biri Seleukos'tur. Seleukos İskender'in imparatorluğunun günümüzde Afganistan, İran, Irak, Suriye ve Lübnan topraklarının tamamı ile Türkiye, Ermenistan, Türkmenistan, Özbekistan ve Tacikistan'ın bir bölümünü içeren kısmını aldı. Selökid İmparatorluğu'nun iki başkenti olmuştur. Bunlardan ilki M.Ö. 311-240 yılları arasında başkentlik yapan ve Mezopotamyada bulunan Seleukia, diğeri günümüzde Antakya olarak bilinen ve M.Ö. 240-63 yılları arasında başkentlik yapan Antiochia. Ayrıca Babil geçmişten gelen önemini Selökid İmparatorluğu döneminde de korumuştur. Selökid İmparatorluğu, Assur, Babil ve Ahameniş imparatorluklarının devamıdır, onların mirasını devralmıştır.

I. Seleukos Nikator'un hükümdarlığı M.Ö.281 yılına kadar devam etmiştir (bkz. Tablo 10). Seleukos döneminde ülke toprakları Batı Anadoluyu da içerecek şekilde genişledi. Ancak halefleri bu toprakları yönetmekte zorlandılar ve toprak kaybetmeye başladılar.

M.Ö. 100 civarında imparatorluktan geriye Antakya ve çevresindeki birkaç şehir kalmıştı. Ermenistan kralı Büyük Dikran M.Ö. 83'te iç savaşı durdurmak amacıyla Suriye'ye girdi ve bir süre sonra da kendisini Suriye kralı ilan etti.

Ancak bu olay sonrasında Selökid İmparatorluğu tam anlamıyla yıkılmadı. Romalı general Lukullus'un Büyük Dikran'ı M.Ö. 69 yılında yenmesiyle geriye kalan Selökid İmparatorluğu XIII. Antiokus Asiatikus'un krallığı altında birleşti. Fakat II. Filip Filoromaeus, XIII. Antiokus ile taht kavgasına girişti. Kuzeyde Pontus'un Roma kontrolüne geçmesiyle, Romalılar Selökid İmparatorluğu kontrolündeki Suriye topraklarındaki istikrarsızlıklar üzerine yoğunlaştılar. M.Ö. 63'te VI. Mitridates, Pompeus tarafından yenilgiye uğratılınca Roma İmparatorluğu Helenistik Doğu'yu özerk krallıklar şeklinde

dizayn etme kararını aldı. Ancak Pompeus, Selökid İmparatorluğu'nun devamının bu politikaya uygun düşmeyeceği düşüncesiyle Suriye'yi bir Roma vilayeti haline getirdi.

Selökid İmparatorluğu yıkılmasına rağmen etkileri yüzyıllarca sürdü. Mesela M.Ö. 311 yılını başlangıç alan ve Selökid Dönemi (Seleucid Era, kısaca SE) olarak adlandırılan tarihlendirme biçimi M.S. 6. yüzyıla kadar kullanılmaya devam etti. Helenizm de Selökid İmparatorluğu'nun 250 yıllık yönetimi süresince Ön Asya ve Mezopotamya'da kökleşme imkanı elde etti.

Tablo 10. Selökid İmparatorluğu kral listesi

Kral Adı	Tahtta Kaldığı Dönem (M.Ö.)
I. Seleukos Nikator	1 Ocak 311-Eylül 281
I. Antiokus Soter	Eylül 281-2 Haziran 261
II. Antiokus Teos	2 Haziran 261-Temmuz 246'nın başları
II. Seleukos Kallinikus	Temmuz/Ağustos 246-Aralık 225
III. Seleukos Keranus (Soter)	Aralık 225- Nisan/Haziran 222
III. Büyük Antiokus	Nisan/Haziran 222-3 Temmuz 187
IV. Seleukos Filopator	3 Temmuz 187-3 Eylül 175
IV. Antiokus Epifanes	3 Eylül 175-Kasım/Aralık 164
V. Antiokus Eupator	Kasım/Aralık 164-29 Ekim 162 den sonra
I. Dimitrius Soter	Eylül/Ekim 161 den önce-Haziran 150 nin başları
I. İskender Balas	152 Yazı-145 Ağustosunun başları
II. Dimitrius Nikator	8 Eylül 145 den önce-Temmuz/Ağustos 138
VI. Antiokus Dionysus (Epifanes)	145/144-141/140
Diodotus Trifon	141/140-Ağustos 138 den sonra
VII. Antiokus Sidetes (Euergetes)	Temmuz/Ağustos 138-20 Mayıs 129 dan sonra
II. Dimitrius Nikator	129 un ilk ayları-Mart 125 ten sonra
II. İskender Zabinas	129-123
Kleopatra Tea	125
V. Seleukos Filometor	125
Kleopatra Tea ve VIII. Antiokus Grypus	125-121
VIII. Antiokus Grypus	121-96
IX. Antiokus Sisenus	115-95 in başları
III. Dimitrius Eucaerus (Filopator)	97/96-87
VI. Seleukos Epifanes Nikator	96-94
XI. Antiokus Epifanes Filedelfos	95-93/92
I. Filip Filedelfos	95-75
X. Antiokus Eusebes Filopator	95 in başları-88
XII. Antiokus Dionysus	87-83/82
II. Büyük Dikran	74/73-69
XIII. Antiokus Asiatikus	69-64
II. Filip Filoromaeus	65-63

B. Tabletlerin Genel Özellikleri

Gaius Plinius Secundus'a (M.S. 23 – 79) göre Uruk, Nippur ve Babil gökyüzü ile uğraşan bilimler konusunda şöhretli merkezlerdir. Babil matematiksel astronomi külliyatı yaklaşık 440 tablet ve fragmandan oluşmaktadır. Bu külliyat M.Ö. 450 - 50 tarihleri arasında içermekte olup, Babil ve Uruk bölgelerinden elde edilmiştir. Bu iki yerleşim yerinden başka sadece Nippur'da, Yeni Assur ve Yeni Babil (M.Ö. 750 – 539) ve Ahameniş, Selökid ve Geç Babil (M.Ö. 539 – M.S. 100) dönemlerine ait astronomi metinleri bulunmuştur. Bu metinlerin arasında matematiksel astronomi metinleri yoktur. Çizelge tabletlerinin %80'i ve yöntem tabletlerinin %90'ı Babil, kalan metinler Uruk orijinelidir. Tabletlerin zamana göre dağılımı homojen değildir. Tarihlendirilebilen matematiksel astronomi tabletleri M.Ö. 450'den (I. Artaxerxes Longimanus'un hükümdarlığı dönemi) M.Ö. 49'a (Selökidler dönemi) kadar olan dönemi kapsamaktadır, metinlerin yoğunlaştığı tarih aralığı M.Ö. 192 – 102'dir.

Babil astronomi külliyatının çok az kısmı (yaklaşık %5'i) matematiksel astronomi tabletleridir. Külliyat temel olarak iki kısma ayrılabilir: Birincisi yaklaşık 110 tablet içeren yöntem metinleri (Akadça, epusu) ve geri kalan 330 tableti içeren çizelge metinleri (Akadça, tersitu). Yöntem metinleri, astronomik parametrelerin nasıl hesaplanacaklarına dair algoritmalar içerirler. Çizelge metinleri Ay veya gezegenler için hesaplanan parametreleri içerirler. Bu metinler satır ve sütunlardan oluşan sayısal tablolardır. Dört tür çizelge metni vardır. Bunlar; Sinodal Tablolar (230 adet), Şablon Tabloları (50 adet), Günlük Hareket Tabloları (30 adet) ve Yardımcı Tablolardır (20 adet). Sinodal Tablolar ve Günlük Hareket Tabloları, Babil matematiksel astronomisinin nihai ürünleridir. Bir Sinodal Tabloda birbirini izleyen her sıra (satır) gözlenmiş olan bir sinodal fenomene karşılık gelir. Günlük Hareket Tablolarında ise her satır gözlem yapılmış bir gün veya tithiye tekabül eder. Her bir sütun ekliptik konum ya da zaman (tarih) değerini içerir. Bazen bu değerler ile ilişkili ilave bilgiler de tablolarda yer alır. Şablon Tabloları, Sinodal Tabloların üretiminde kullanılacak ara değerleri içerirler. Yardımcı Tablolar, Sinodal Tablolar ve Günlük Hareket Tablolarının bazı sütunlarının hesaplanmasında kullanılan katsayıları içerirler. Tabletlerin büyük kısmı ya sadece yöntem ya da sadece tablo içerir, ancak her ikisini içeren tabletler de mevcuttur. Metinleri bu şekilde ayırmanın temel nedeni pratik ihtiyaçlardır; astronom yöntem metni yardımıyla farklı başlangıç değerleri kullanarak Sinodal Tablo, Şablon Tablosu ve Günlük Hareket Tablosu hazırlayabilir.

Babil matematiksel astronomisi M.Ö. 450 - 350 tarihleri arasında geliştirilmiştir. Bu nedenle bilinen en eski matematiksel astronomi Babil

astronomisidir. Babil astronomisinin başlangıç dönemlerine ilişkin bilgiler çok güvenilir değildir.

Yöntem metnlerinin büyük kısmı tarihlendirilememiştir; çünkü çok azının üzerinde tableti yazan kişinin adı ve yazıldığı zamanı gösteren tarih bilgisi mevcuttur. Tabletlerin bir kısmı tableti yazan kişinin biyografisi yardımıyla, bir kısmı da şayet tablette sinodal tablo varsa tarihlendirilebilmektedir. Tarihlendirilebilen yöntem metnlerinin tarih aralığı M.Ö. 319 – 110 dur. Bu aralık çizelge metinlerine göre (M.Ö. 450 – 50) daha dardır. Ahamenişler dönemine ait yöntem metinleri kayıptır. Eldeki en eski tabletler M.Ö. 450 ile 4. yüzyıl başları arasında yazılmıştır. Babil bu dönemde I. Artaxerxes Longimanus, II. Xerxes, Sogdianus ve II. Daryus Notus tarafından yönetilmiştir.

Matematiksel astronomi ile ilgili mevcut en eski tabletler Selökid dönemi tabletleriyle karşılaştırıldıklarında farklı bir evreyi yansıtır. En eski Sinodal Tablo, Sistem A'nın tüm özelliklerini ihtiva etmektedir. Bu tabloda I. Artaxerxes ile II. Artaxerxes'in hükümdarlığının ilk 2 yılı arasındaki döneme (M.Ö. 465 – 402) ait Merkür verisi bulunmaktadır. Aynı tablet II. Artaxerxes'in hükümdarlığının 24. yılına kadarki (M.Ö. 380) dönemi kapsayan bir Ay tablosu da içermektedir, tablet muhtemelen bu yıla yakın bir tarihte yazılmıştır. Sistem A'nın gezegenlerin bir kısmı için M.Ö. 380'den önce son şeklini aldığı görülmektedir. Ay ile ilgili algoritmaların gelişimi muhtemelen bu tarihten sonra bir süre daha devam etti. Bu nedenle bu sistemlerin çok gelişmiş sistemler olmaları şaşırtıcı değildir. Ay için Sistem A'nın tam gelişmiş hali ile hazırlanan ilk tablo Büyük İskender'in kardeşi Filiplip Arrhidaeus'un hükümdarlığının 6-7. yıllarına rastlar (M.Ö. 318-317). Selökid döneminin başlamasına yakın tarihlerde Ay için Sistem A ve Sistem B (Sistem B birkaç on yıl sonra olabilir) son şeklini almıştır. Bu tarihten sonra sadece küçük değişiklikler meydana gelmiştir.

Babilli astronomların Zodyağı bir koordinat sistemi olarak işin içine katmaları M.Ö. 400'den sonra olmuştur. Zodyağın işin içine girmesiyle yeni astroloji formları ortaya çıktı. Bu yeni formlarda Zodyak merkezi bir rol oynadı. Böylece Babil horoskopları oluşturuldu, bu horoskoplar sayesinde yeni doğmuş bir kişinin Ay ve gezegenlerin Zodyaktaki konumlarına bağlı olarak kaderinin bilinebileceği iddia edildi.

Günlükler astronomik gözlem kayıtlarıdır, kehanetlerin yapılmasında göksel fenomenlerin önemi göz önüne alındığında bu kayıtların tutulmasında asıl amacın kehanetlere yardım olduğu söylenebilir. Kehanetler ayrıca meteorolojik fenomenlerle de ilişkilidir. Babilliler astronomik ve meteorolojik fenomenleri birbirleri ile ilişkili ve hatta bazen aynı kabul etmişlerdir. Günlüklerdeki en geniş ve detaylı kayıtlar hava durumuna aittir. Hava koşulları bir cismin görünme koşullarını belirler, sisli veya puslu havada görülemeyen bir cisim uygun hava koşullarında görülebilir. Günlüklerde altı yüz yıllık meteoroloji kayıtları mevcuttur, bu kayıtlar meteoroloji alanında tutulmuş en uzun süreli

kayıtlardır. Hava koşulları modern astronomide de önemini korumaktadır, su buharı gözlem kalitesini en çok etkileyen meteorolojik olaylardan biridir. Bu nedenle rasathaneler su buharının az olduğu yerlere kurulurlar.

Hava durumundan sonra en geniş gözlemsel kayıtlar Ay ile ilgilidir: Ay'ın ilk gözlenebildiği gün kameri ayın günlerinin sayısını belirler (29 veya 30 gün).

Astronomi günlükleri bilim tarihinde karşılaşılan en sıra dışı başarılarından biridir. Günlüklerin tutulmasındaki temel amaç kehanet ve büyü için göklerdeki uğursuz fenomenleri kaydetmektir. Günlükler üst düzey bilimsel araştırma titizliği ile hazırlanmışlardır. Göksel kehanetler Ay ve tutulmalar ile ilişkilidir. Gözlemler daha M.Ö. ikinci bin yılın başlarında yapılmakta ve yorumlanmaktaydı. Ancak günlüklerin içerdikleri sistematik gözlem ve fenomenlerin kaydı meselesi çok daha yenidir. Bu amaçla yapılan gözlemler günümüze kadar yapılmış en uzun ve en kapsamlı astronomik gözlemlerdir.

Günlükler M.Ö. 7. yüzyıldan (eldeki en eski günlük M.Ö. 651 yılına aittir) M.Ö. 1. yüzyıla kadar tutulmuşlardır, bu onları sürekli olarak tutulmuş olan en uzun süreli bilimsel kayıtlar yapar (yaklaşık 600 yıl). Sürenin uzunluğunu anlamak için şu karşılaştırma yapılabilir: tüm modern bilim geçmişi bu sürenin ancak yarısı kadardır.

Günlükler aylara göre düzenlenir, genelde her bir tablet 6 ya da 7 aylık kayıtları içerir. Ancak birkaç günden bir aya kadar kayıtların tutulduğu günlükler de mevcuttur. Ayrıca tek bir gezegene ait birkaç yıllık gözlemin tutulduğu günlükler de vardır.

Günlükler ve günlüklerin derlendiği kayıtlar tabletlerin matematiksel astronomi kısmının ampirik temelini oluşturan gözlemsel kayıtları sağlamışlardır. Tabletler ya günlüklerden ya da günlüklerin kaynağı olan kayıtlardan elde edilen bilgilerle hazırlanmışlardır

Ay'a ve gezegenlere ait bir fenomen hem kehanet metinlerine hem de gözlemsel metinlere kaydedilmekteydi. Kayıtlarda gök cisimlerinin Helyak doğuşları ile ilgili gözlemler ağırlıktadır. Gezegen veya Güneş'in doğup batması arasındaki zaman derece cinsinden verilmiştir. Aynı şekilde Ay'ın ilk ve son görünüşleri ile dolunay evresi de tabletlerde ağırlıklı olarak yer bulmuştur. Bu gözlemler ilk görünüşün gerçek zamanını belirlemeye yarar. Ay'ın ve gezegenlerin doğuş ve batış zamanlarının belirlenmesi çok önemlidir, çünkü bu olaylar matematiksel astronominin temel kaynağıdır.

C. Tabletler Üzerindeki Çalışmalar

1. Aşama: ilk çeviriler (1881 – 1935)

19. yüzyılın sonlarında tablet yazısının deşifre edilmesinden kısa bir süre sonra Ninova ve Babil'de çok sayıda astronomi ve astroloji tableti gün yüzüne çıkarıldı. Bu tabletlerin büyük kısmı kaşifler ve antika satıcıları vasıtasıyla

British Museum'a taşındı. British Museum'daki Babil koleksiyonu yaklaşık 20000 tabletten oluşmaktadır. Antik astronomiye meraklı iki Alman Cizvit papazı Joseph Epping (1835 – 1894) ve Johann N. Strassmaier (1846 – 1920) Babil matematiksel astronomisini gün yüzüne çıkardılar. Epping ve Strassmaier'in yoğun çabaları ile başlayan bu dönem Babil matematiksel astronomisi hakkındaki ilk yayının (Epping & Strassmaier, 1881) yapılmasının ardından, 1889 – 1893 yılları arasında yayınlanan makaleler ile meyvelerini verdi (Epping, 1889, 1890, 1890), (Epping & Strassmaier, 1890, 1891, 1892, 1893). Strassmaier daha ziyade tabletlerin kopyasını çıkarırken kendisi de bir astronom olan Epping bu tabletlerin astronomik yorumlarını yapmaya girişti. 1890'larda başka bir Alman Cizvit papazı Franz Xaver Kugler (1862 – 1929) bu konuyla ilgilenmeye başladı. Çalışmaları iki ürün verdi: (Kugler, 1900) ve (Kugler, 1907-1924). Kugler'in çalışmaları Alman misyoner Johann Schaumberger tarafından devam ettirildi. Schaumberger'in bu alana en büyük katkısı Ay Altı çevriminin algoritmasını keşfetmek olmuştur (Schaumberger, 1935). Ayrıca bu dönemde konu ile ilgilenen iki akademisyen Hollandalı astronom Anton Pannekoek (1873 – 1960) ve Alman oryantalist Paul Schnabel'dir (1887 – 1947).

1935'e kadar yalnızca birkaç tablet yayınlanmıştır. Edisyonu yapılan en eski çizelge metni BM 32651 numaralı fragmandır ve (Kugler, 1900) adlı eserde yayınlanmıştır. Bu tablet günümüzde bile Ay'a ait Sistem A'nın en önemli ve en büyük çizelge metnidir. Bu tableti "Lehrtafel" (eğitici tablet) ya da "Lehrtext" (eğitici metin) olarak sınıflandırmıştır. Bu terim sonradan Schnabel, Schaumberger ve Neugebauer tarafından da kullanılmıştır. Neugebauer'in metinlerinin İngilizce çevirilerinde bu terim yöntem metni (procedure text) olarak çevrilmiş ve bu tür metinler için standart isimlendirme halini almıştır.

2. Aşama: temel metinler (1935 – 1990)

İkinci aşama Otto Neugebauer (1899 – 1990) ve Bartel L. van der Waerden (1903 – 1996) in bu sahaya girmesi ile 1935 civarlarında başlar. Neugebauer 20 yıl süren uzun ve yorucu çalışma ve analizlerinin ardından 1955'de *Astronomical Cuneiform Texts*'i (kısaca ACT) (Neugebauer, 1955) yayınladı. Bu eser Babil matematik astronomisinin standart metnidir.

Neugebauer, çalışmalarının başlangıç aşamalarında yöntem ve amaçlarını ortaya koyan bir dizi makale kaleme almıştır (Neugebauer, 1937, 1937, 1938, 1938, 1938). Neugebauer, yöntem metinleri ile çok fazla ilgilenmemiştir. Temel amacı Babil metodolojisini modern analiz yöntemleri kullanarak inşa etmektir, bu durum orijinal içerikten bir miktar kopmasına neden olmuştur. Bu nedenle metodunun sentetik olduğu söylenebilir.

Bu dönemde ACT'den başka iki büyük eser daha yayınlanmıştır. Birisi (van der Waerden, 1965) tir. van der Waerden bu eserde seçilmiş metinler vasıtası ile Babil matematiksel astronomisi hakkında genel bir bakış açısı ortaya

koymuştur. (Neugebauer, 1975) Babil ve diğer antik medeniyetlerin matematiksel astronomileri hakkında detaylı bilgiler ihtiva etmektedir. Bu eser birincil kaynakları içermemektedir, bunun yerine tamamen modern analiz yöntemlerini kullanarak ortaya konulan algoritmaları izah etmiştir. Ayrıca P.Huber gezegen algoritmalarını inşa etmeye ve yorumlamaya önemli katkılar yapmıştır (Huber, 1957).

3. Aşama: yeni yaklaşımlar ve genişleyen bakış açısı (1990 -)

Üçüncü ve son aşama Francesca Rochberg'in çalışmalarıyla başlar. Rochberg, Mezopotamya astronomi ve astrolojisi ile ilgili kritik değerlendirmelerde bulunur, meseleye felsefe ve bilim tarihi açısından yaklaşıma çalışır (Rochberg, 1991, 1998, 1999, 2004). Sonuç olarak, bilim tarihi çalışmalarında genel kabul gören antik Mezopotamya bilimi ile klasik Yunan bilimi arasında büyük zıtlıklar olduğu görüşü savunulamaz hale gelir. Ayrıca Babil matematiksel astronomisi ile ilgili olarak önceki aşamalarda temel yaklaşım olan astronomik algoritmaları yeniden kurmaya yoğunlaşma eğilimi yerini Babil matematiksel astronomisini geleneksel, politik, dini ve sosyal bağlam içinde açıklamaya çalışan daha bütüncül (holistik) bir yaklaşıma bırakmıştır. Bu yaklaşımda astronomi ve astroloji arasındaki girift ilişki saygı görür. Astronomi, Babil irfanının diğer disiplinleri ile aynı özsel nitelikleri paylaşan bir disiplin olarak kabul edilir. (Brown, 2000) de göksel kehanetlerin Mezopotamya astronomisi ile olan ilişkisini detaylı bir şekilde araştırmıştır.

Babil matematiksel astronomi külliyyatı neredeyse bir yüzyıl boyunca çevrilmeden kalmıştır. Babil astronomi tabletleri ve bunlarla ilişkili metinler Abraham J. Sachs ve Hermann Hunger tarafından yayınlanmaya başlamıştır (Sachs & Hunger, 1988). Sachs ve Hunger'in metinleri çevirmesiyle külliyyata erişim kolaylaştı, böylece Babil gözlemsel astronomisi ve bununla ilişkili Hedef-Yıl metodunun amaçları ve yöntemleri özellikle L. Brack-Bernsen (Brack-Bernsen, 1980, 1993, 2002), (Brack-Bernsen & Schmidt, 1994), (Brack-Bernsen & Hunger 2002, 2008) ve J. Steele'nin (Steele, 1997, 2000, 2000, 2007), (Steele & Stephenson, 1997) çalışmalarıyla çok daha iyi anlaşılmasına başladı. Aynı dönemde L. Brack-Bernsen (Brack-Bernsen, 1990, 1997), J. P. Britton (Britton, 1999, 2007, 2009, 2010) ve N. M. Swerdlow (Swerdlow, 1998) bazı algoritmaların gözlemlerden nasıl elde edildiğini ortaya çıkardılar. Bakış açısında meydana gelen bu genişleme olmasaydı Babil matematiksel astronomisini anlamak imkansızla yakın olacaktı.



II. TEMEL KAVRAMLAR

A. Astronominin Temel Kavramları

1. Koordinat sistemleri

Gök küresi, gök cisimlerinin görünen hareketlerini üzerinde yaptıkları teorik küreye verilen addır. Gök cisimlerinin gök küresi üzerindeki konumlarını belirleyebilmek için çeşitli referans sistemleri kullanılır. Bunlara koordinat sistemleri adı verilir.

Bir gök cisminin gök küresi üzerindeki yerini belirleyebilmek için bir koordinat çiftine ihtiyaç vardır. Bu koordinat çifti, referans alınan düzlem ve bu düzlemin kutup noktaları vasıtasıyla tayin edilir. Referans düzlemine temel düzlem de denir.

Referans Düzlemi: Kürenin merkezinden geçen ve amaca uygun olarak seçilen düzlem. Koordinat sistemi bu düzlem üzerine inşa edilir.

Kutup Noktaları: Temel düzleme çıkılan dikmenin gök küresini deldiği noktalardır.

Güneş sistemindeki gök cisimlerinin konumunu tayin etmek için kullanılan iki önemli koordinat sistemi vardır. Bunlar:

1. Göksel Ekvatorial Koordinat Sistemi
2. Ekliptikel Koordinat Sistemi

a. Göksel ekvatorial koordinat sistemi

Gök cisimlerinin günlük hareketleri esnasında buldukları konumları belirleyebilmek için göksel ekvatorial koordinat sistemi kullanılır (bkz. Şekil 2). Gök ekvatoru, Arz'ın merkezinden geçen düzlemin gök küresi ile arakesitine verilen addır. Arz'ın ekvatoru gök ekvatoru ile çakışıktır. Gök ekvatoru, gök kutup noktalarından 90° uzaklıktadır.

Arz kendi eksenini etrafında döner. Bu eksen ekvator düzlemine dik konumdadır. Bu nedenle yıldızların hareketi gök ekvatoruna paralelmiş gibi görünür. Böylece yıldızların gök küresi üzerindeki konumları sabit olur. Ufuk düzlemi ile Gök ekvatorunun kestiği noktalara batı (W) ve doğu (E) noktaları denir. Ekvator düzlemi ile ekliptik düzlemi arasındaki açısal uzaklığa ekliptiğin eğimi adı verilir ve ϵ ile gösterilir. Eğim açısının değeri $23^\circ 27'$ dir.

Ekvator düzlemi ile ekliptik düzlemi iki noktada kesişir. Bu noktalar sonbahar ve ilkbahar ekinoksu adını alır. Güneş'in gök ekvatorundan en fazla açısız uzaklığa ulaştığı iki nokta vardır. Bunlara sırasıyla kış (v) ve yaz solstisi (u) adı verilir.

Bir gözlemcinin bulunduğu noktadaki çekül doğrultusunun uzantısı, gök küresini iki noktada keser. Bunlardan ufkun üstünde olanına Zenit denir ve Z harfi ile gösterilir. Ufkun altında olanına da Nadir denir ve Z' ile gösterilir.

PQ noktaları Arz'ın kutuplarının gök küresini kestiği noktalardır. Bu noktaların ekvatora uzaklıkları 90°dir. Ufuk düzlemi ile kutup noktaları arasındaki açısız uzaklık o yerin coğrafi enlemidir. Örneğin İstanbul'un coğrafi enlemi 41°dir. Buna göre İstanbul için gök kutup noktası (P) 41°de bulunur.

21 Mart civarında Güneş, ilkbahar ekinoksundan (γ) kuzeye doğru yönelerek gök ekvatorunun üzerine çıkar. Benzer şekilde, 22 Eylül civarında bu kez sonbahar ekinoksundan (Ω) güneye yönelerek altına iner. İlkbahar ve sonbahar ekinokslarında Güneş, gök ekvatoru üzerinde bulunur. Bu tarihlerde Dünya'nın her yerinde gece ve gündüz süreleri eşittir. 21 Mart ve 22 Eylül'de Güneş, coğrafi doğu yönünden doğar ve batı yönünden batar.

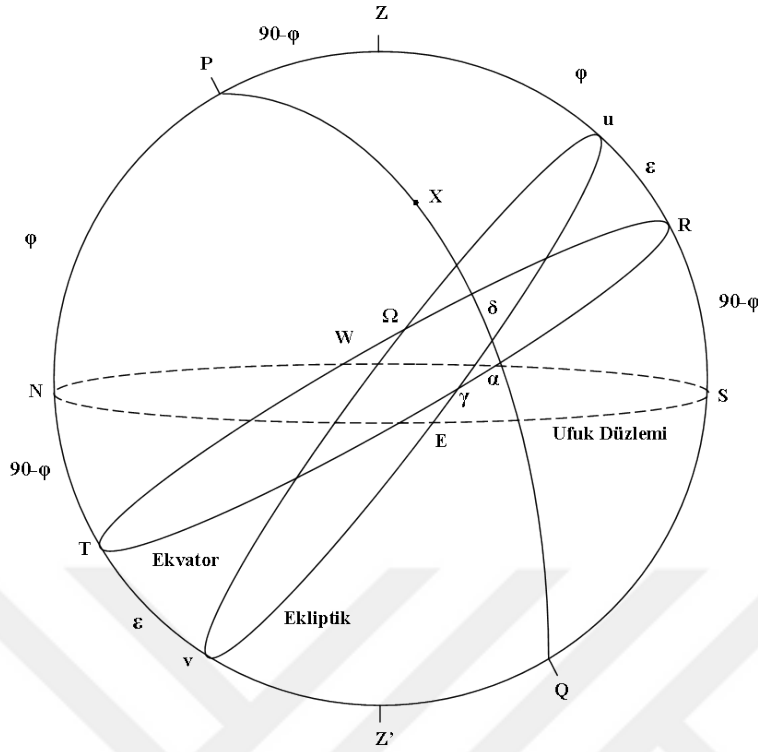
21 Aralık civarında Güneş, v'ye ulaşır. Bu tarihte Güneş'in bütün bir yıl süresince gözlenen en kısa günlük hareketi meydana gelir. Kış mevsimi kuzey yarım kürede bu tarihte başlar. 21 Aralık'ta Güneş, gök ekvatorunun güneydeki en kısa yayını çizer, güneydoğudaki en güney noktadan doğup, güneybatıdaki en güney noktadan batar.

21 Haziran civarında Güneş, u'ya ulaşır. Bu tarihte Güneş'in bütün bir yıl süresince gözlenen en uzun günlük hareketi meydana gelir. Yaz mevsimi kuzey yarım kürede bu tarihte başlar. 21 Haziran'da Güneş, gök ekvatorunun kuzeydeki en uzun yayını çizer, kuzeydoğuda bulunan en kuzey noktadan doğup, kuzeybatıda bulunan en kuzey noktadan batar.

Göksel ekvatorial koordinat sisteminde iki koordinat vardır. Bunlar rektasansyon ve deklinasyondur. Ekvatorial koordinat sisteminde düşey çemberlere, yani gök kutuplarından geçen yarı çemberlere saat dairesi denmektedir.

İlkbahar noktasının (γ) gök cisminin geçen saat dairesine olan açısız uzaklığına rektasansyon adı verilir ve α ile gösterilir. Rektasansyon γ noktasından itibaren doğuya doğru ölçülür. Değeri $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ arasındadır.

Gök cisminin gök ekvatoruna olan açısız uzaklığına deklinasyon adı verilir ve δ ile gösterilir. Gök ekvatorunun kuzeyindeki gök cisimlerinin deklinasyonu pozitif, güneyindeki gök cisimlerinin ise negatiftir. Deklinasyonun değeri $+90^\circ \leq \delta \leq -90^\circ$ arasındadır. Rektasansyon ve deklinasyon ile tanımlanan koordinatlara gök cisminin ekvatorial koordinatları denir.



Şekil 2. Göksel ekvatorial koordinat sistemi.

Yıldızların ekvatorial koordinatları zamanla değişmez ancak Güneş sisteminde yer alan gök cisimlerinin deklinasyonu ve rektasansyonu zamana bağlı olarak değişir. Bu değişimin nedeni gök küresinin dönmesi değil, söz konusu gök cisimlerinin Güneş etrafında yaptıkları gerçek hareketleri neticesinde gök küresi üzerinde bulunan görünen konumlarının değişmesidir.

b. Ekliptik koordinat sistemi

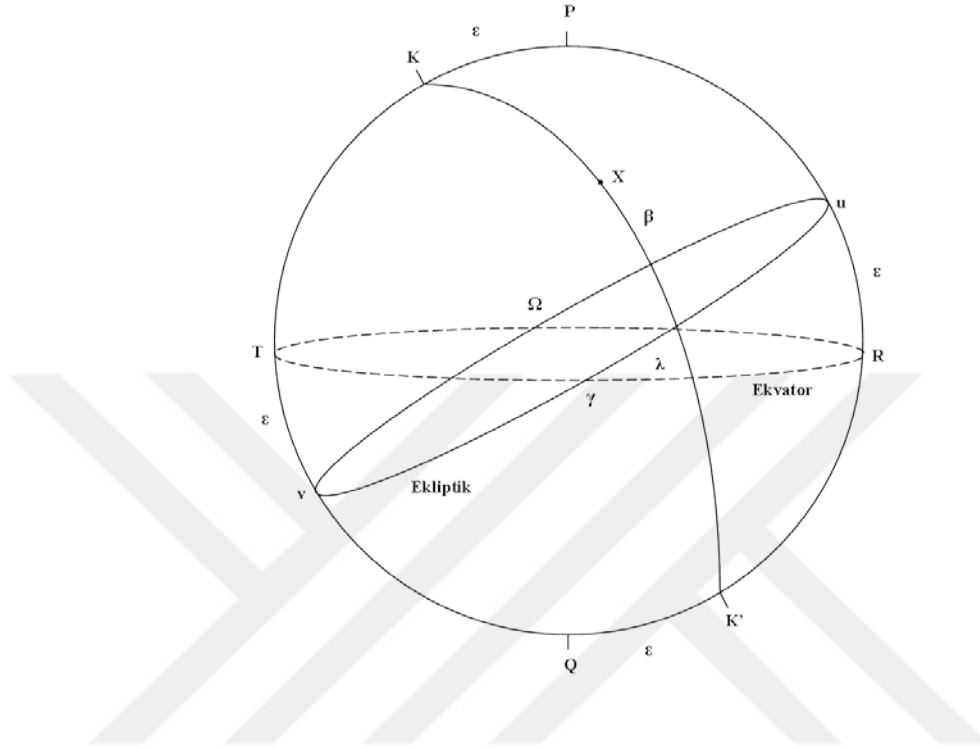
Güneş Sistemi'nde bulunan gök cisimlerinin yıllık hareketleri esnasında buldukları konumları belirleyebilmek için ekliptik koordinat sistemi kullanılır (bkz. Şekil 3). Ekliptik, Güneş'in görünen yıllık hareketini yapmakta olduğu düzlemdir. Ekliptik koordinat sisteminin referans düzlemi ekliptik ve referans noktası ilkbahar noktasıdır (γ).

Bu koordinat sisteminde bir gök cisminin ekliptiğe olan açısal uzaklığına söz konusu gök cisminin ekliptik enlemi adı verilir. Ekliptik enlem β simgesi ile gösterilir. Ekliptik enlem $+90^\circ \leq \beta \leq -90^\circ$ arasında değerler alır.

Gök cisminin ilkbahar noktasına (γ) olan açısal uzaklığına gök cisminin ekliptik boylamı denir ve λ ile gösterilir.

Ekliptik boylam ekliptik üzerinde ilkbahar noktasından itibaren doğuya doğru ölçülür. Değeri 0° ila 360° arasındadır. Ekliptik boylam ve ekliptik enlem ile tanımlanan koordinatlara ekliptik koordinatlar denir.

Güneş'in ekliptik enlemi $\beta_{\odot} = 0^{\circ}$ 'dir. Bunun nedeni Güneş'in yıllık görünen hareketini ekliptik üzerinde yapmasıdır. γ , u , Ω ve v noktalarının ekliptik boylamı, sırası ile, 0° , 90° , 180° ve 270° 'dir.



Şekil 3. Ekliptik koordinat sistemi

c. Presesyon

Arz'ın şeklinin tam bir küre olmaması sebebi ile (Arz'ın şekli geoittir) Ay ve Güneş'in çekim etkilerinin merkezde yoğunlaşamamaları sonucu, Arz'ın dönme ekseninin kendi etrafında her 25920 yılda bir tur atması olayına presesyon adı verilir. İlkbahar noktası presesyon etkisi ile batıya doğru kayar. Bu kaymanın değeri yıl başına yaklaşık $50''$ dir. Sonuç olarak, yıldızların ekvatorial koordinatları her yüzyılda bir $\sim 1,4^{\circ}$ civarında değişir. Buna göre yıldızların rektasansyonunda her 20 yılda bir $\sim 1^m$ artış meydana gelir.

Presesyon, Hipparchus tarafından M.Ö. ikinci yüzyılda keşfedilmiştir. Hipparchus bu keşfi kendi gözlemlerini Babil gözlemleriyle karşılaştırarak yapmıştır.

İlkbahar ekinoksu (γ) Aries takım yıldızında iken (M.Ö. 2000 civarı) kuzey kutup noktasına en yakın parlak yıldız, Draco takım yıldızında bulunan Thuban idi. Günümüzde kuzey kutup noktasına en yakın yıldız Polaris'tir, ilkbahar ekinoksu da Pisces ile Aquarius arasındaki sınıra yakın bir bölgededir. İlkbahar ekinoksu M.S. 2600 yılında Aquarius'ta olacaktır.

d. Gezegenlerin hareketleri

Antik dönemde bilinen gezegenlerin sayısı beştir. Bu gezegenler içten dışa doğru Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn şeklinde sıralanırlar. Uranüs ve Neptün çıplak gözle gözlenemez. Bu nedenle antik dönemde bilinmemekteydiler. Bu iki gezegenin keşfi sırasıyla 18. ve 19. yüzyıllarda gerçekleşmiştir.

Modern astronomide Merkür ve Venüs iç gezegenler, Mars, Jüpiter ve Satürn dış gezegenler olarak adlandırılırlar. İç gezegenler Güneş ile Arz arasında yer alırlar. Dış gezegenlerin yörüngeleri ise Arz'ın ötesindedir.

Gezegenleri yıldızlardan ayıran 3 temel gözlemsel fark vardır. Bunlar;

1. Yıldızların ışığı titrer, gezegenlerin ışığı titremez. Titremenin nedeni, yıldızların çok uzakta olmaları ve ışıklarının atmosferden geçerken bozulmasıdır.
2. Gezegenlerin görünen yıllık hareketi, Güneş'in görünen yıllık hareketini gerçekleştirdiği ekliptik düzleminin yakınlarında meydana gelir. Gezegenler yıl boyunca ekliptik düzleminden çok fazla uzaklaşmazlar. Bu nedenle gezegenlerin ekliptikel enlem değişimleri göz ardı edilebilir. Yıldızlar gök kürenin her bölgesinde bulunabilirler.
3. Gezegenler gök küresi üzerinde arka plandaki yıldızlara göre yer değiştirirler. Yıldızlar çok uzakta oldukları için yüzlerce yıllık gözlem süreleri boyunca gök küresi üzerindeki yer değişimleri çok küçüktür. Bu nedenle, basit bir yaklaşımla konumları sabit kabul edilebilir.

Güneş sisteminde yer alan gökcisimlerinin iki tür hareketi vardır:

1. Gerçek hareket
2. Görünen hareket

Gerçek hareket gök cisminin uzayda, yörüngesi üzerinde yaptığı hareketi belirtir. Örneğin gezegenler Güneş'in etrafında elips yörüngelerde hareket ederler. Güneş sistemindeki gök cisimlerinin gerçek hareketleri helyosentriktir (Güneş merkezli).

Görünen hareket, gök cisimlerinin gök küresi üzerinde yaptıkları harekettir. Gök küresi fiziksel bir anlam içermez. Farklı uzaklıklardaki cisimler gök küresi üzerinde aynı uzaklıkta imiş gibi görünürler. Gök küresi üzerinde birbirleri ile ilişkili görünen cisimlerin gerçekte böyle bir ilişkileri yoktur. Gök küresinin fonu gözlemcinin Arz üzerinde bulunduğu konuma göre değişiklik gösterir. Bu nedenle gök cisimlerinin görünen hareketleri geosentrik (yer merkezli) hatta egosentriktir (ben merkezli). Arz'ın hiç bir yeri herhangi bir gök cismine diğer yerinden önemli derecede yakın olmadığından, gök küresi merkezinde gözlemcinin bulunduğu büyük bir küre olarak kabul edilir.

Gezegenlerin gök küresi üzerinde iki hareketleri vardır:

1. Günlük hareket
2. Yıllık hareket

Arz'ın gerçek hareketi eksenini etrafında batıdan doğuya doğru dönme şeklindedir. Ancak söz konusu hareket gözlemci tarafından gök küresinin doğudan batıya dönüşü şeklinde gözlenir. Gök küresi üzerinde yer alan gök cisimlerinin günlük doğuş ve batışları bu hareket sonucu oluşur. Gök cisimleri doğudan doğar ve batıdan batarlar. Arz eksenini etrafında 1 günde döner, bu nedenle gök cisimleri de gök küresi üzerindeki görünen hareketlerini 1 günde tamamlarlar. Bir gök cisminin günlük görünen hareketi esnasında ufuk düzleminin üzerine çıktığı noktaya söz konusu gök cisminin doğuş noktası, ufuk düzleminin altına indiği konuma ise batış noktası adı verilir. Arz'ın eksenini etrafında dönmesi ve ekvatorun Arz'ın dönme eksenine dik olması sebebiyle gök cisimlerinin gök küresi üzerindeki hareketleri ekvatora paraleldir.

Gezegenlerin yıllık hareketi ekliptik düzlemi civarındaki yörüngelerde meydana gelir. Gezegenler bu hareketleri esnasında ekliptiğin üzerinde ve altında hareket ederler; ancak hiç bir zaman ekliptikten çok fazla uzaklaşmazlar. Gezegenlerin ekliptikten uzaklaşma değeri maksimum $-10^{\circ} \leq \Delta\beta \leq +10^{\circ}$ kadar uzaklaşırlar. Gezegenlerin ulaşabildikleri maksimum ekliptikel enlem değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Gezegenlerin ulaşabildikleri maksimum ekliptikel enlem değerleri

Gezegen Adı	Maksimum Ekliptikel Enlem ($ \Delta\beta $)
Merkür	2° 48'
Venüs	1° 38'
Mars	4° 31'
Jüpiter	9° 02'
Satürn	3° 33'

Ekliptik civarında yer alan takımyıldızlara Zodyak kuşağı takımyıldızları denir ve Burç olarak adlandırılırlar. Güneş her bir Zodyak takımyıldızında ortalama bir ay kalır, bu süre gezegenler için değişkenlik gösterir. Mezopotamyalılar Zodyak takımyıldızlarını referans alan bir koordinat sistemi oluşturmuşlardır.

Gezegenler oldukça kompleks şekilde hareket ederler. Ekliptik civarındaki hareketleri büyük oranda ileriye doğru (prograd) olmakla beraber, bir süreliğine geriye doğru (retrograd) hareket de yaparlar. Prograd hareket esnasında gezegenlerin ekliptikel boylam değerleri artar. Retrograd hareket esnasında ise azalır.

e. Sideral hareket

Güneş Sisteminde bulunan cisimlerin gök küresi üzerinde arka fondaki yıldızlara göre hareketine sideral hareket denir. Aynı sabit bir noktadan art arda iki geçişine ise sideral periyot adı verilir.

f. Sinodal hareket

Bir gök cisminin merkezdeki gök cismi etrafındaki hareketine sinodal hareket denir. Bu hareket esnasında özel konumlarda belirli fenomenler meydana gelir.

Örneğin, Ay, Arz etrafında döndüğünden bu hareketi esnasında 4 sinodal fenomen yaşar: Arz'dan 0° uzaklıkta yeni ay, 90° uzaklıkta ilk dördün, 180° uzaklıkta dolunay, 270° uzaklıkta son dördün.

Aynı fenomenin art arda iki defa meydana gelişi arasında geçen süreye sinodal periyot veya çevrim adı verilir.

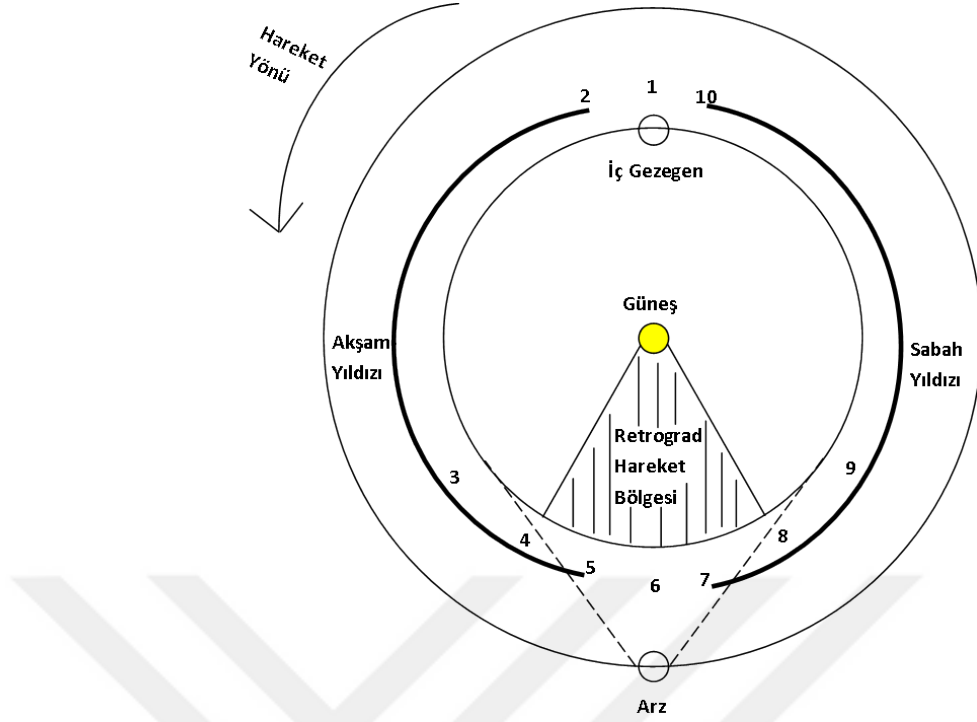
Gezegenlerin sinodal fenomenleri iç ve dış gezegen olmalarına göre değişiklik gösterir.

i. İç gezegenlerin sinodal fenomenleri

İç gezegenlerin sinodal çevrimi Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, gezegenin yörüngesinin merkezinde Güneş bulunmaktadır. İç gezegenler Güneş'in etrafında Arz'dan daha hızlı döndükleri için görünen hareketleri saat yönünün tersi istikametindedir. Şekilde numaralandırılmış her bir olay fenomen olarak adlandırılır.

Elongasyon, Güneş ve gezegen arasındaki açısal uzaklık olarak tanımlanır. İç gezegenler Güneşten çok fazla uzaklaşamazlar (Merkür için maksimum değer 28° , Venüs için 48°), yani elongasyonları sınırlıdır. İç gezegenler en büyük elongasyona iki noktada ulaşır. Bu noktalara en büyük doğu elongasyonu ve en büyük batı elongasyonu adı verilir. Bu noktalar şekilde sırasıyla 3 ve 9 numaralar ile gösterilmiştir. Bu pozisyonlar, iç gezegenlerin Güneş'ten en uzak oldukları nokta olduğundan, aynı zamanda en iyi gözlenebilecekleri konumlardır. Gezegenlerin gözlenebilmeleri için elongasyonlarının 10° ve üzerinde olması gerekir. Yukarıda da zikredildiği gibi Merkür'ün maksimum elongasyonu 28° , Venüs'ün ise 48° dir. Buna göre Merkür'ün gözlenmesinin zor olduğu aşıkardır.

Merkür sabah ve akşam yıldızı iken ufkun üzerinde çok fazla yükselmediği için çok kısa bir süre gözlenebilir. Ancak Venüs için durum farklıdır. Venüs'ün maksimum elongasyonu daha büyük olduğundan ufkun üzerinde daha fazla yükselir ve bu nedenle çok rahat bir şekilde gözlenebilir.



Şekil 4. İç gezegenlerin sinodal çevrimi

Gezegen 1 numaralı konumda iken Arz'dan en uzak pozisyonda bulunur. 1 numaralı konuma dış konjünksiyon adı verilir. Bu pozisyonun bir diğer adı prograd konjünksiyondur. Bu ismi almasının nedeni konjünksiyonun prograd hareket sırasında meydana gelmesidir. Bu noktada gezegenin elongasyonu 0° dir.

Gezegen bu pozisyondan sonra (1) Güneş'in soluna (doğusuna) geçer. Birkaç gün sonra da Güneş'in batışından hemen önce batı ufkunda gözlenmeye başlar. Bu durumda ona akşam yıldızı denir. Gezegenin akşam yıldızı olarak gözlendiği ilk geceye ilk akşam batışı (ya da Helyak doğuş) denir. Bu olay gezegen 2 numaralı konumda iken meydana gelir. Gezegenin akşam yıldızı olma durumu 2 ile 5 numaralı konumlar arasında devam eder. Daha önce de ifade edildiği gibi gezegen 3 numaralı konuma vardığında en büyük doğu elongasyonuna ulaşmış olur. 4 numaralı konumda prograd hareket sona erer ve retrograd hareket başlar. Bu hareket 8 numaralı konuma kadar devam eder. 4 ile 8 numaralı konum arasındaki bölgeye retrograd hareket bölgesi adı verilir. 4 numaralı konuma kadar gezegenin ekliptikal boylamı artar, bu konumdan itibaren azalmaya başlar ve 8 numaralı konuma kadar azalmaya devam eder. Retrograd hareket sırasında gezegen gökyüzünde geriliyormuş gibi görünür. Ekliptikal boylamın azalmaya başladığı konuma (4) ilk durak adı verilir. 5 numaralı konuma gelindiğinde gezegen Güneş'in ışıkları tarafından örtülür ve görülmez olur. Bu esnada gezegen son akşam batışını yapar. Bu duruma Helyak batış adı verilir.

Gezegen 6 numaralı konumda iken Arz'a en yakın durumundadır. Bu noktada gezegenin elongasyonu 0°dir. 6 numaralı konuma iç konjüksiyon adı verilir. Bu pozisyonun diğer bir adı da retrograd konjüksiyondur. Bu ismi almasının nedeni konjüksiyonun retrograd hareket sırasında meydana gelmesidir. Gezegenler konjüksiyonlar esnasında gözlenemezler. Gezegen 6 numaralı konumdan sonra Güneş'in sağına (batısına) geçer. Bir kaç gün sonra Güneş'in doğuşundan hemen önce görülmeye başlar (7 numaralı konum). Gezegenin bu ilk görünüşüne ilk sabahyıldızı (veya Helyak doğuş) adı verilir ve gezegenin doğu ufkunda ilk görüldüğü günü ifade eder. Gezegenin sabahyıldızı olma durumu 7 ile 10 numaralı konumlar arasında devam eder. Gezegen bu süre zarfında Güneş doğmadan hemen önce doğu ufkunda gözlenebilir. Yörünge hareketinin devamında gezegen 8 numaralı konuma gelir. Bu nokta retrograd hareketin bittiği yerdir. Bu noktadan sonra gezegen prograd harekete başlar ve ekliptikel boylamı artar. Ekliptikel boylamın artmaya başladığı konuma (8) ikinci durak adı verilir. Gezegen 9 numaralı konuma vardığında en büyük batı elongasyonuna ulaşmış olur. 10 numaralı konumda gezegen doğu ufkunda son kez görülür. Bu olaya son sabah doğuşu (ya da Helyak batış) adı verilir. Bir sonraki gün artık gözlenemez olur. Ardından gezegen 1 numaralı konuma gelir ve döngü tekrar başlar. Gezegenlerin 1 numaralı konumdan art arda iki geçişi arasındaki süreye sinodal çevrim adı verilir. Başka bir deyişle iç gezegenler için sinodal çevrim art arda iki prograd konjüksiyon arasındaki zaman farkıdır.

Kısaca özetlemek gerekirse, iç gezegenler hareket döngüleri esnasında iki kez konjüksiyon hali yaşarlar. Bunlar 1 ve 6 numaralı pozisyonlardır. 1 numaralı konumdaki konjüksiyon prograd hareket esnasında olduğu için prograd konjüksiyon (ya da dış konjüksiyon), 6 numaralı pozisyondaki konjüksiyon retrograd hareket esnasında meydana geldiği için retrograd konjüksiyon (ya da iç konjüksiyon) adını alır. Gezegen 4 ila 8 numaralı konumlar arasında retrograd hareket yapar, gökyüzünde arka plandaki yıldızlara göre geriliyormuş gibi görünür. Bu konumlar arasındaki bölgeye retrograd hareket bölgesi adı verilir. Gezegen 2 ila 5 numaralı bölgeler arasında Güneş'in batışından hemen sonra batı ufkunda gözlenir. Bu durumda gezegene akşam yıldızı adı verilir. 7 ila 10 numaralı bölgeler arasında ise doğu ufkunda Güneş'ten hemen önce gözlenir. Bu durumda gezegene sabah yıldızı denir. Gezegenler konjüksiyon civarında gözlenemezler. Bunun nedeni Güneş ışınlarının konjüksiyon ve civarında gezegenlerin gözlenmesini engellemesidir. Buna göre iç gezegenler 10-2 ve 5-7 bölgelerinde gökyüzünde görülemezler. İç gezegenlerin elongasyonlarının maksimum olduğu noktalar 3 ve 9 numaralı konumlardır.

İç gezegenlerin tropik yılları 1 Dünya yılıdır. Tropik yıl gezegenin ilkbahar noktasından art arda iki geçişi arasındaki zamandır.

Gezegen fenomenleri antik matematiksel astronominin en önemli gözlemsel olguları arasındadır. Babil astronomisi ile ilgili en eski gezegen gözlem kayıtları Venüs gezegeninin Helyak doğuş ve batışlarını içerir (Evans, 1998). Gezegen-periyot ilişkisi tamamen bu fenomenler üzerine kurulmuştur.

Tablo 12. Güneş ve Merkür'ün 2016 yılına ait ekliptik boylamları

Tarih	λ_{\odot}	$\lambda_{\text{Merkür}}$	Elongasyon
01 Ocak	279,98	299,28	19,30 E
11 Ocak	290,18	298,17	7,99 E
21 Ocak	300,36	286,67	13,69 W
31 Ocak	310,53	286,44	24,08 W
10 Şubat	320,67	295,30	25,37 W
20 Şubat	330,77	308,01	22,76 W
01 Mart	340,83	322,85	17,98 W
11 Mart	350,85	339,48	11,36 W
21 Mart	0,81	358,02	2,79 E
31 Mart	10,71	18,17	7,46 E
10 Nisan	20,56	37,22	16,62 E
20 Nisan	30,35	49,98	19,63 E
30 Nisan	40,08	53,53	13,44 E
10 Mayıs	49,77	49,19	0,57 W
20 Mayıs	59,41	44,58	14,83 W
30 Mayıs	69,02	46,40	22,61 W
09 Haziran	78,60	55,01	23,58 W
19 Haziran	88,15	69,11	19,04 W
29 Haziran	97,69	87,96	9,72 W
09 Temmuz	107,22	109,46	2,23 E
19 Temmuz	116,76	129,77	13,00 E
29 Temmuz	126,31	147,23	20,91 E
08 Ağustos	135,88	161,72	25,83 E
18 Ağustos	145,48	172,81	27,32 E
28 Ağustos	155,12	178,77	23,65 E
07 Eylül	164,80	176,24	11,43 E
17 Eylül	174,53	166,93	7,59 W
27 Eylül	184,31	166,66	17,64 W
07 Ekim	194,15	179,46	14,69 W
17 Ekim	204,05	196,58	7,46 W
27 Ekim	214,00	213,55	0,44 W
06 Kasım	224,01	229,70	5,69 E
16 Kasım	234,06	245,19	11,13 E
26 Kasım	244,16	260,17	16,01 E
06 Aralık	254,29	274,15	19,85 E
16 Aralık	264,46	284,14	19,68 E
26 Aralık	274,64	281,10	6,45 E

Tablo 12'de Güneş ve Merkür'ün 2016 yılına ait ekliptik boylamları verilmiştir. Zaman aralıkları 10 gündür. Ekliptik boylamın ait olduğu tarih Sütun 1'de gösterilmiştir. Sütun 2 ve 3'te sırasıyla Güneş ve Merkür'ün ekliptik boylamları gösterilmiştir. Sütun 4'te Merkür'ün sütun 1 de gösterilen

tarihteki elongasyon değeri verilmiştir. Elongasyon Güneş'in ekliptikel boylam değerinin Merkür'ün ekliptikel boylam değerinden çıkarılması ile hesaplanmıştır. Eğer Güneş'in boylam değeri Merkür'ün boylam değerinden büyük ise bu durumda Merkür Güneş'in batısında demektir. Bu durum elongasyon sütununda "W" simgesi ile gösterilmiştir. Şayet Güneş'in boylam değeri Merkür'ün boylam değerinden küçük ise bu durumda Merkür Güneş'in doğusunda demektir. Bu sonuç tabloda "E" ile verilmiştir. Elongasyon hiçbir zaman negatif olmaz. Bu nedenle farkın mutlak değeri alınır.

Yukarıda da anlatıldığı gibi bir sinodal çevrim prograd konjüksiyon ile başlar ve bir sonraki prograd konjüksiyon ile sona erer. Tablodan anlaşılacağı gibi Merkür'ün 2016 yılında başlayıp tamamladığı sinodal çevrim sayısı 2'dir. İlk tam sinodal çevrim 19 Mart civarında başlar ve 7 Temmuz civarında sona erer. İkinci tam sinodal çevrim ise 7 Temmuz civarında başlar ve 28 Ekim civarında sona erer. Bir sinodal çevrimin bitişi aynı zamanda bir sonraki sinodal çevrimin başlangıcıdır. 28 Ekim civarında başlayan sinodal çevrim 2016 yılı içinde tamamlanamaz, 2017 yılına sarkar. Ayrıca 2015 yılı sonlarında başlayan sinodal çevrimin bitiş tarihi 19 Mart civarındadır. Bu durumda 2016 yılı içinde Merkür'ün 2 tam sinodal çevrim ve 2 yarım sinodal çevrim yaptığı söylenebilir. 19 Mart ve 7 Temmuz tarihleri tabloda görülmemektedir. Bu tarihler lineer interpolasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Lineer interpolasyon yöntemi kullanılarak elongasyonun 0° ye ulaştığı tarihler hesaplanmıştır.

Örnek olması açısından ilk sinodal çevrimin fenomenleri ayrıntılı şekilde açıklanacaktır. Bu sinodal çevrim 19 Mart-7 Temmuz tarihleri arasında meydana gelmektedir. Sinodal çevrim 19 Mart'ta Merkür prograd konjüksiyona ulaştığında başlar (1 numaralı konum). Bu durum tabloda elongasyonun W'dan E'ye geçişi ile görülebilir. Bu tarihte Merkür, Güneş'in batısından doğusuna geçmiş olur. İlk akşam yıldızı batışı (ya da Helyak doğuş) konumuna 2 Nisan tarihinde ulaşır (2 numaralı konum). En büyük doğu elongasyonuna 20 Nisan'da varır (3 numaralı konum). Merkür bu tarihte bu sinodal çevrim için batı ufkunda en iyi gözlenebileceği konuma varmış olur, çünkü elongasyonu en üst değerine çıkmıştır. 30 Nisan'da ilk durağa varır (4 numaralı konum). Bu konum kendini tabloda Merkür'ün ekliptikel boylamının bu tarihten itibaren azalmasıyla belli eder. Gezegen artık retrograd hareket bölgesine girmiştir. Merkür son akşam yıldızı batışını 2 Mayıs tarihinde yapar (5 numaralı konum). Bu tarihten itibaren gökyüzünde bir süre görülmez. 2-5 numaralı konumlar (2 Nisan-2 Mayıs) arasında gezegen Güneş'in batısından hemen önce batı ufkunda akşam yıldızı olarak gözlenebilir. 9 Mayıs tarihinde retrograd konjüksiyon fenomeni gerçekleşir (6 numaralı konum). Bu tarihte gezegen Güneş'in doğusundan batısına geçmiş olur. Merkür 14 Mayıs'ta ilk sabah yıldızı olarak (Helyak doğuş) Güneş'in doğusundan hemen önce doğu ufkunda görülmeye başlar (7 numaralı konum). İkinci durak fenomeni 20 Mayıs tarihinde meydana gelir (8 numaralı konum). Bu tarihten sonra gezegenin ekliptikel boylamı artmaya başlar. Retrograd hareket yerini prograd harekete

bırakır. Merkür 4 ve 8 numaralı konumlar yani 30 Nisan-20 Mayıs tarihleri arasında retrograd hareket yapmıştır. En büyük batı elongasyonuna 9 Haziran tarihinde ulaşır (9 numaralı konum). Bu tarihte doğu ufkunda en yüksek enlemine çıkar. 27 Haziran'da son sabah yıldızı doğuşunu (Helyak batış) yapar (10 numaralı konum). Bu tarihten sonra bir süre gökyüzünde gözlenemez. Merkür, 14 Mayıs-27 Haziran tarihleri arasında (7-10 konumları arası) doğu ufkunda sabah yıldızı olarak gözlenebilir. Gezegenin bir sonraki konumu prograd konjünksiyondur (1 numaralı konum). Bu konuma 7 Temmuz'da ulaşır. Böylece bir sinodal çevrim tamamlanmış olur ve yeni bir sinodal çevrim başlar. Bu sinodal çevrim 110 gün sürer. Tablo16'da verildiği gibi Merkür'ün sinodal çevriminin ortalama süresi 116 gündür. Tablo 13'te yukarıda detaylı şekilde anlatılan sinodal çevrimin fenomenleri ve gezegenin gözlenemediği durumlar tarihleri ile beraber verilmiştir.

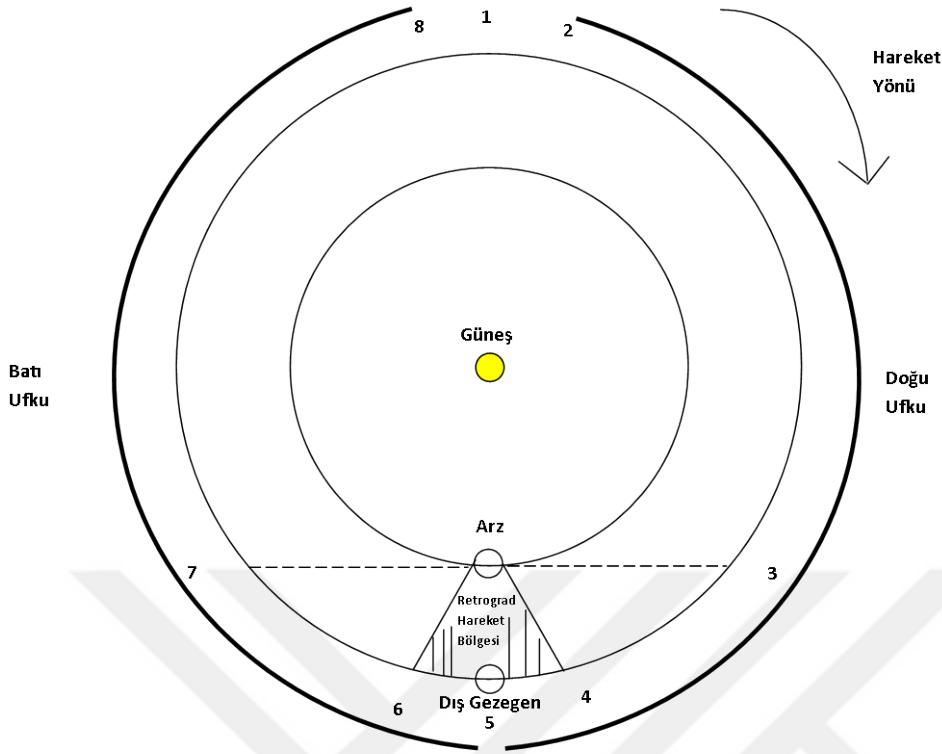
Tablo 13. Merkür'e ait sinodal fenomenlerin tarihleri

Fenomenin Adı	Fenomen Numarası	Tarih
Prograd (Dış) Konjünksiyon	1	19 Mart
İlk Akşam Yıldızı Batışı (Helyak doğuş)	2	2 Nisan
Gözlenemediği Bölge	1-2	19 Mart-2 Nisan
En Büyük Doğu Elongasyonu	3	20 Nisan
İlk Durak	4	30 Nisan
Son Akşam Yıldızı Batışı (Helyak batış)	5	2 Mayıs
Akşam Yıldızı Olarak Görüldüğü Bölge	2-5	2 Nisan-2 Mayıs
Retrograd (İç) Konjünksiyon	6	9 Mayıs
İlk Sabah Yıldızı Doğuşu (Helyak doğuş)	7	14 Mayıs
İkinci Durak	8	20 Mayıs
Retrograd Hareket Bölgesi	4-8	30 Nisan-20 Mayıs
En Büyük Batı Elongasyonu	9	9 Haziran
Son Sabah Yıldızı Doğuşu (Helyak batış)	10	27 Haziran
Sabah Yıldızı Olarak Görüldüğü Bölge	7-10	14 Mayıs-27 Haziran
Prograd Konjünksiyon	1	7 Temmuz
Gözlenemediği Bölge	10-1	27 Haziran-7 Temmuz
Sinodal Çevrim Aralığı	1-1	19 Mart-7 Temmuz

ii. Dış gezegenlerin sinodal fenomenleri

Dış gezegenlere ait fenomenler Şekil 5'te gösterilmiştir. Dış gezegenler Güneş'in etrafında Arz'dan daha yavaş döndükleri için görünen hareketleri saat yönündedir. Bu gezegenler her elongasyonda bulunabilirler, elongasyonları için bir üst sınır yoktur. Dış gezegenlerin fenomenleri iç gezegenlerden büyük ölçüde farklıdır. İç gezegenler iki konjünksiyon yaşarken dış gezegenler bir konjünksiyon yaşarlar. Bu gezegenler için iç konjünksiyon yerine opozisyon fenomeni meydana gelir.

Dış gezegenler her bir sinodal çevrimde toplam sekiz fenomen yaşarlar. Çevrim konjünksiyon (1 numaralı konum) ile başlar ve biter. Dış gezegenler Arz'ın ötesinde yer aldıkları için tropik yılları bir yıldan uzun sürer.



Şekil 5. Dış gezegenlerin sinodal çevrimi

Yukarıda da belirtildiği gibi dış gezegenler sinodal çevrime konjüksiyon ile başlarlar (1 numaralı konum). Bu konumda gezegenin elongasyonu 0° 'dir. Gezegen konjüksiyon halinde olduğu için bu konumda gözlenemez. Güneş ışınları gezegenin görülmesini engeller., gezegen Güneş ufkun üzerinde iken doğar ve batar. Gezegen konjüksiyondan hemen sonra Güneş'in doğusuna geçer. Bir sonraki konumda Güneş'in doğusundan hemen önce doğu ufkunda gözlenir (2 numaralı konum). Buna Helyak doğuş denir. Elongasyon "W" olur. Gezegen her geçen gün daha erken doğar. Böylece ufkun üzerinde kalış süresi artar. Gezegen 2-5 konumları arasında doğu ufkunda bulunur. 3 numaralı konumda batı kuadrantürüne ulaşılmış olur. Bu konumda elongasyon 90° 'dir. Batı kuadrantüründe gezegen gece yarısı doğar ve öğlen batar. Ancak Güneş'in doğuşu ile beraber gözlenemediği için gece yarısı ile Güneş'in doğuşu arasındaki süre zarfında gözlenebilir. Hareketin bir sonraki aşaması ilk duraktır (4 numaralı konum). Gezegen bu konumda retrograd harekete başlar, ekliptikal boylamı azalmaya başlar. Bu durum 6 numaralı konuma kadar devam eder. Retrograd hareketin ortalarında gezegenin elongasyonu 180° ye ulaşır. Buna opozisyon veya akronikal doğuş adı verilir (5 numaralı konum). Güneş batı ufkunda batarken gezegen doğu ufkunda yükselmeye başlar. Bu nedenle tüm gece gözlenebilir, gece yarısı gökyüzünde en yüksek konumuna erişir. Bu pozisyon gezegenin en uzun süre gözlenebildiği tarihi ifade eder. Bu konumdan sonra gezegenin gözlenme süreleri kısaltmaya başlar. Ayrıca bu konum gezegenin Arz'a en yakın olduğu konumdur. Bu nedenle gezegenin en büyük ve parlak görüldüğü konum da budur. İlaveten bu konumdan hemen sonra

gezegen Güneş'in doğusuna geçer ve batı ufkunda gözlenmeye başlar. Elongasyonu "E" olur. Bir sonraki konumda retrograd hareket sona erer (6 numaralı konum). Bu pozisyona ikinci durak adı verilir. Bu konumdan sonra gezegenin ekliptikal boylamı tekrar artışa geçer. Elongasyonun 90° ye düştüğü konuma doğu kuadratürü adı verilir (7 numaralı konum). Gezegen öğlen doğar ve gece yarısı batar. Ancak öğlen ile Güneş'in batışı arasında gözlenemediğinden Güneş'in batışı ile gece yarısı arasında gözlenebilir. Bir sonraki konumda gezegen Güneş'in batışından hemen sonra batı ufkunda son kez gözlenir, bir sonraki gece gözlenemez (8 numaralı konum). Buna Helyak batış adı verilir. Gezegen 5-8 numaralı konumlar arasında batı ufkunda gözlenebilir. Sonraki konumda konjüksiyon gerçekleşir (1 numaralı konum). Aktüel sinodal çevrim sona ererken bir sonraki sinodal çevrim başlar.

Tablo 14'te Güneş'in ve Mars'ın 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait ekliptikal boylamları verilmiştir. Elongasyon değerleri bu verilerden yola çıkılarak elde edilmiştir. Tarih aralığı 10 gündür. Ara değerler için lineer interpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 14. Güneş'in ve Mars'ın 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait ekliptikal boylamları

Tarih	λ_{\odot}	λ_{Mars}	Elongasyon
01 Ocak 2015	280,23	321,05	40,82 E
11 Ocak 2015	290,42	328,88	38,46 E
21 Ocak 2015	300,61	336,70	36,10 E
31 Ocak 2015	310,77	344,51	33,73 E
10 Şubat 2015	320,91	352,27	31,36 E
20 Şubat 2015	331,02	359,99	28,98 E
02 Mart 2015	341,08	7,66	26,58 E
12 Mart 2015	351,09	15,26	24,17 E
22 Mart 2015	1,05	22,78	21,74 E
01 Nisan 2015	10,95	30,23	19,29 E
11 Nisan 2015	20,79	37,60	16,81 E
21 Nisan 2015	30,58	44,89	14,31 E
01 Mayıs 2015	40,32	52,09	11,77 E
11 Mayıs 2015	50,00	59,21	9,21 E
21 Mayıs 2015	59,65	66,25	6,61 E
31 Mayıs 2015	69,25	73,22	3,96 E
10 Haziran 2015	78,83	80,10	1,27 E
20 Haziran 2015	88,38	86,91	1,47 W
30 Haziran 2015	97,92	93,66	4,27 W
10 Temmuz 2015	107,45	100,33	7,12 W
20 Temmuz 2015	117,00	106,95	10,05 W
30 Temmuz 2015	126,55	113,51	13,04 W
09 Ağustos 2015	136,12	120,01	16,10 W

Tablo 14. (devam) Güneş'in ve Mars'ın 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait ekliptikel boylamları

19 Ağustos 2015	145,72	126,47	19,26 W
29 Ağustos 2015	155,36	132,87	22,49 W
08 Eylül 2015	165,04	139,23	25,81 W
18 Eylül 2015	174,77	145,55	29,23 W
28 Eylül 2015	184,56	151,82	32,74 W
08 Ekim 2015	194,39	158,04	36,35 W
18 Ekim 2015	204,29	164,23	40,07 W
28 Ekim 2015	214,24	170,36	43,89 W
07 Kasım 2015	224,25	176,44	47,81 W
17 Kasım 2015	234,31	182,46	51,85 W
27 Kasım 2015	244,40	188,41	55,99 W
07 Aralık 2015	254,54	194,29	60,25 W
17 Aralık 2015	264,71	200,08	64,63 W
27 Aralık 2015	274,89	205,76	69,13 W
06 Ocak 2016	285,08	211,32	73,76 W
16 Ocak 2016	295,27	216,72	78,55 W
26 Ocak 2016	305,45	221,94	83,51 W
05 Şubat 2016	315,60	226,93	88,67 W
15 Şubat 2016	325,73	231,65	94,08 W
25 Şubat 2016	335,81	236,02	99,79 W
06 Mart 2016	345,85	239,96	105,88 W
16 Mart 2016	355,84	243,36	112,47 W
26 Mart 2016	5,76	246,10	119,67 W
05 Nisan 2016	15,64	247,99	127,64 W
15 Nisan 2016	25,46	248,86	136,60 W
25 Nisan 2016	35,22	248,55	146,67 W
05 Mayıs 2016	44,93	246,99	157,95 W
15 Mayıs 2016	54,60	244,29	170,31 W
25 Mayıs 2016	64,22	240,90	176,68 E
04 Haziran 2016	73,81	237,50	163,69 E
14 Haziran 2016	83,38	234,81	151,43 E
24 Haziran 2016	92,92	233,31	140,39 E
04 Temmuz 2016	102,45	233,17	130,71 E
14 Temmuz 2016	111,99	234,37	122,38 E
24 Temmuz 2016	121,53	236,74	115,21 E
03 Ağustos 2016	131,09	240,10	109,00 E
13 Ağustos 2016	140,68	244,27	103,59 E
23 Ağustos 2016	150,30	249,11	98,82 E
02 Eylül 2016	159,96	254,50	94,54 E
12 Eylül 2016	169,66	260,34	90,68 E

Tablo 14. (devam) Güneş'in ve Mars'ın 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait ekliptikel boylamları

22 Eylül 2016	179,41	266,56	87,14 E
02 Ekim 2016	189,23	273,08	83,85 E
12 Ekim 2016	199,09	279,86	80,76 E
22 Ekim 2016	209,01	286,84	77,83 E
01 Kasım 2016	218,99	294,00	75,00 E
11 Kasım 2016	229,03	301,29	72,26 E
21 Kasım 2016	239,10	308,68	69,58 E
01 Aralık 2016	249,22	316,15	66,93 E
11 Aralık 2016	259,37	323,67	64,30 E
21 Aralık 2016	269,54	331,21	61,67 E
31 Aralık 2016	279,74	338,77	59,03 E
10 Ocak 2017	289,93	346,32	56,39 E
20 Ocak 2017	300,11	353,83	53,72 E
30 Ocak 2017	310,28	1,32	51,04 E
09 Şubat 2017	320,42	8,76	48,33 E
19 Şubat 2017	330,52	16,13	45,61 E
01 Mart 2017	340,59	23,45	42,86 E
11 Mart 2017	350,60	30,71	40,10 E
21 Mart 2017	0,56	37,89	37,33 E
31 Mart 2017	10,47	45,00	34,53 E
10 Nisan 2017	20,31	52,04	31,72 E
20 Nisan 2017	30,10	59,00	28,90 E
30 Nisan 2017	39,85	65,90	26,06 E
10 Mayıs 2017	49,53	72,74	23,20 E
20 Mayıs 2017	59,18	79,50	20,33 E
30 Mayıs 2017	68,79	86,22	17,43 E
09 Haziran 2017	78,36	92,87	14,51 E
19 Haziran 2017	87,92	99,47	11,56 E
29 Haziran 2017	97,46	106,03	8,57 E
09 Temmuz 2017	106,99	112,54	5,55 E
19 Temmuz 2017	116,53	119,02	2,49 E
29 Temmuz 2017	126,08	125,47	0,61 W
08 Ağustos 2017	135,65	131,89	3,76 W
18 Ağustos 2017	145,25	138,28	6,97 W
28 Ağustos 2017	154,89	144,66	10,23 W
07 Eylül 2017	164,57	151,02	13,55 W
17 Eylül 2017	174,30	157,36	16,93 W
27 Eylül 2017	184,08	163,70	20,38 W
07 Ekim 2017	193,92	170,03	23,89 W
17 Ekim 2017	203,81	176,35	27,46 W

Tablo 14. (devam) Güneş'in ve Mars'ın 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait ekliptik boylamları

27 Ekim 2017	213,76	182,67	31,09 W
06 Kasım 2017	223,76	188,98	34,78 W
16 Kasım 2017	233,81	195,29	38,52 W
26 Kasım 2017	243,91	201,59	42,32 W
06 Aralık 2017	254,05	207,88	46,17 W
16 Aralık 2017	264,21	214,16	50,05 W
26 Aralık 2017	274,39	220,42	53,97 W

Tablo 14'te verilen süre zarfında yalnızca bir adet tam sinodal çevrim meydana gelir. Sinodal çevrimin başladığı tarih 15 Haziran 2015'tir. Mars bu sırada konjüksiyon konumundadır (1 numaralı pozisyon). Elongasyonu 0° 'dir. Bu pozisyonun hemen ardından Güneş'in doğusuna geçer ve elongasyonu "W" olur. Bir sonraki konumda gezegen Güneş'in doğusundan hemen önce doğu ufkunda gözlenebilir (Helyak doğuş). Bu fenomen gezegenin aktüel sinodal çevrimde ilk gözlenebildiği günü işaret eder ve 6 Ağustos 2015 tarihinde meydana gelir (2 numaralı konum). 7 Şubat 2016 tarihinde elongasyon 90° ye ulaşır ve gezegen batı kuadraturüne varır (3 numaralı konum). Gezegen bu tarihte öğlen doğar ve geceyarısı batar. Gökyüzünde en yüksek konumda bulunduğu zaman Güneş battıktan hemen sonrasındır. Prograd hareket devam eder ve gezegen 15 Nisan 2016 tarihinde 4 numaralı konuma ulaşır. Bu noktada retrograd hareket başlar. Retrograd hareketin başladığı Mars'ın ekliptik boylamının azalması ile anlaşılabilir. Retrograd hareketin ortalarında elongasyon 180° ye ulaşır. 22 Mayıs 2016 tarihinde meydana gelen bu olaya opozisyon denir (5 numaralı konum). Mars'ın en büyük ve en parlak gözlendiği tarih budur. Bu konumda Mars Arz'a en yakın konumda bulunur. Güneş tam batarken doğu ufkundan doğar ve Güneş tam doğarken batı ufkundan batar. 5 numaralı konum gezegenin en uzun süre gözlenebildiği tarihi de ifade eder, en yüksek enlemine ise gece yarısı ulaşır. Gezegen bu konumdan sonra Güneş'in batısına geçer ve elongasyonu "E" olur. Bu tarihten itibaren gözlem süreleri kısaltmaya başlar. Gezegen batı ufkunda gözlenmeye devam eder. 4 Temmuz 2016 tarihinde ulaşılan konumla birlikte retrograd hareket sona erer (6 numaralı konum). Bu durum tabloda Mars'ın ekliptik boylamının artmaya başlaması ile anlaşılabilir. Retrograd hareket 4-6 numaralı bölgeler arasında meydana gelir. Zaman ilerledikçe gezegenin doğu elongasyonu azalmaya devam eder. 14 Temmuz 2016 tarihinde elongasyon 90° ye iner ve gezegen doğu kuadraturüne ulaşır (7 numaralı konum). Mars gece yarısı doğup öğlen batar. Ancak Güneş'in doğumundan itibaren gözlenemediği için gece yarısından Güneş'in doğumuna kadar gözlenebilir. 5 Haziran 2017 tarihinde Güneş'in batışından hemen sonra batı ufkunda gözlenir ve Helyak batış fenomeni meydana gelmiş olur (8 numaralı konum). Mars bu sinodal çevrim sonuna kadar artık gözlenemez. Elongasyon 27 Temmuz 2017 tarihinde 0° ye iner ve konjüksiyon meydana gelir (1 numaralı konum). Gezegenin bu konuma gelmesi ile sinodal çevrim sona

erer, bir sonraki sinodal çevrim başlar. Bu sinodal çevrim 15 Haziran 2015 - 27 Temmuz 2017 tarihleri arasında devam eder ve toplam 773 gün sürer. Mars'ın sinodal çevrimi 762-819 gün arasında sürer, ortalaması 779 gündür.

Tablo 15'te yukarıda detaylı şekilde anlatılan sinodal çevrimin fenomenleri ve gezegenin gözlenemediği durumlar tarihleri ile beraber verilmiştir.

Tablo 15. Mars'ın sinodal çevriminin fenomenleri

Fenomenin Adı	Fenomen Numarası	Tarih
Konjüksiyon	1	15 Haziran 2015
İlk Görünüş (Helyak doğuş)	2	6 Ağustos 2015
Gözlenemediği Bölge	1-2	15 Haziran-6 Ağustos 2015
Batı Kuadratürü	3	7 Şubat 2016
İlk Durak	4	15 Nisan 2016
Opozisyon	5	22 Mayıs 2016
Doğu Ufkunda Görüldüğü Bölge	2-5	6 Ağustos 2015-22 Mayıs 2016
İkinci Durak	6	4 Temmuz 2016
Retrograd Hareket Bölgesi	4-6	15 Nisan-4 Temmuz 2016
Doğu Kuadratürü	7	14 Eylül 2016
Son Görünüş (Helyak batış)	8	5 Haziran 2017
Batı Ufkunda Görüldüğü Bölge	5-8	22 Mayıs 2016-5 Haziran 2017
Konjüksiyon	1	27 Temmuz 2017
Gözlenemediği Bölge	8-1	5 Haziran-27 Temmuz 2017
Sinodal Çevrim Aralığı	1-1	15 Haziran 2015-27 Temmuz 2017

Tablo 16'da tüm gezegenlerin ortalama sinodal periyotları gün cinsinden verilmiştir.

Tablo 16. Gezegenlerin gün cinsinden ortalama sinodal periyotları

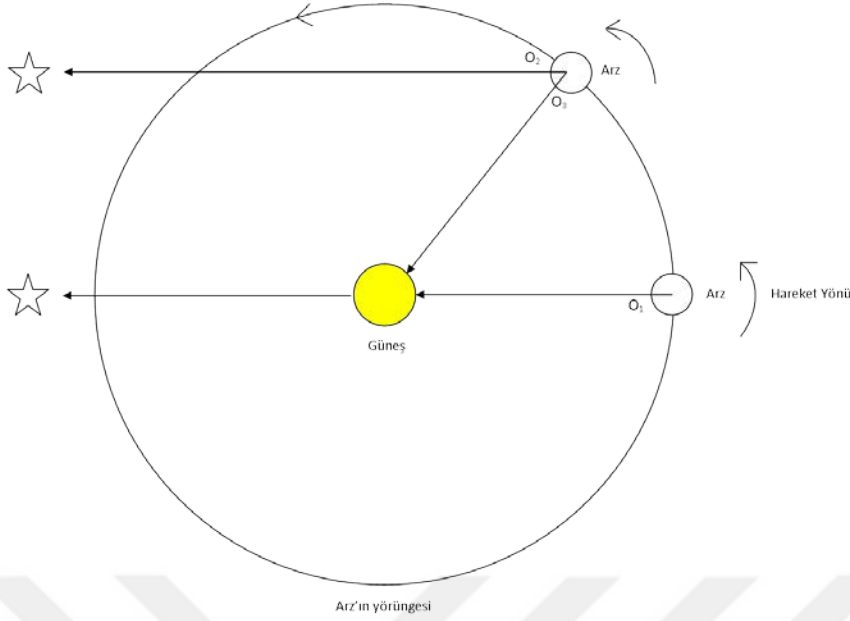
	Gezegen	Ortalama Sinodal Periyot (Gün)
İç Gezegen	Merkür	116
	Venüs	584
Dış Gezegen	Mars	780
	Jüpiter	399
	Satürn	378

g. Güneş'in hareketi

Güneş'in de günlük görünen hareketi vardır. Bu hareket sonucunda doğuş ve batış noktaları oluşur.

Arz, Güneş etrafında yaptığı yörünge hareketini bir yılda tamamlar. Söz konusu hareket, gök küresi üzerinde Güneş'in görünen hareketi olarak gözlenir.

Güneş yaklaşık 365,2422 günde 360° yol kat ederek ekliptik üzerinde bir tur atar.



Şekil 6. Güneş'in gök küresi üzerinde yıldızlara nazaran hareketi

Şekil 6'da gösterildiği gibi Güneş ve bir yıldız O_1 pozisyonunda yani Arz'da bir gözlem yerinin meridyeninde bulunsun. Arz, yörüngesi üzerinde hareket ettiği zaman, Güneş, yıldızla nazaran doğuya doğru hareket ediyormuş gibi görünür.

1 yıldız günü sonra yıldız gözlemcinin meridyenine yani O_2 pozisyonuna geldiği halde Güneş'in bu konuma gelebilmesi için Arz'ın eksenini etrafında biraz daha dönmesi gerekir (O_3 konumu). O_2 ve O_3 pozisyonları arasındaki fark $0,986^\circ = 3^m 56^s$ dir.

Güneş, yıldızlara göre, ekliptik üzerinde her gün $0,986^\circ$ ($3^m 56^s \cong 4^m$) doğuya doğru hareket eder. Söz konusu harekete Güneş'in görünen yıllık hareketi denir.

h. Ortalama güneş

Zaman ekvator üzerinde ölçülür ancak Güneş ekvator üzerinde hareket etmediğinden birim zaman aralığında ekvator üzerinde taradığı alan sabit değildir, konuma göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle Gerçek Güneş ile yapılacak zaman hesapları doğru sonuçlar vermez. Hesapları kolaylaştırmak ve dakikleştirmek için Ortalama Güneş adı verilen ve aşağıdaki şartları sağlayan tamamen teorik bir gök cismi ortaya atılmıştır. Ortalama Güneş Babilliler tarafından da kullanılan bir yaklaşımdır. Ortalama Güneş'in özellikleri şunlardır:

1. 21 Mart'ta γ 'da bulunur.
2. Düzenli bir şekilde gök ekvatoru üzerinde hareket eder.
3. Bu hareket esnasındaki hızı, Güneş'in ekliptik üzerindeki yıllık hızının ortalamasıdır.

Her bir gezegenin sinodal yay ve zamanı gezegen ile spesifik bir elongasyonda bulunan Ortalama Güneş vasıtasıyla hesap edilir. Bu nedenle yazıcılar

günümüzde Ortalama Güneş dediğimiz şeyi keşfettiler. Ortalama Güneş gezegen sistemlerinin her noktasına nüfuz etmiştir ve Batlamyus'dan Copernicus'a kadar özünde büyük değişiklikler geçirmeden gezegen teorisinin temelini oluşturmaya devam etmiştir. Batlamyus, sisteminde gezegenlerin Ortalama Güneş'e göre hareket, opozisyon ve elongasyonlarını kullanmıştır. Copernicus da Batlamyus'un yönteminin aynısını uygulamış ve Ortalama Güneş'i Arz'ın yörüngesinin geometrik merkezi olarak tanımlamış ve onun matematiksel astronominin doğru sonuçlar verebilmesi için gezegen sisteminin merkezi olarak kabul edilmesi gerektiğini öne sürmüştür.

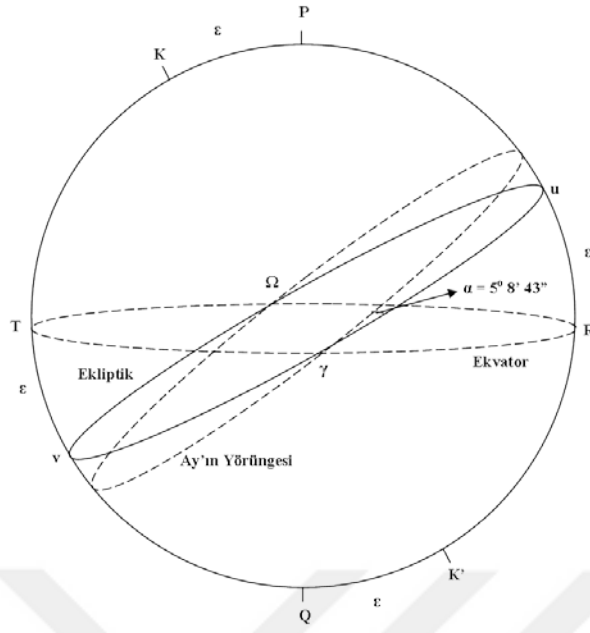
Ortalama Güneş önemini günümüzde de korumaktadır. Bu teorik gök cisminin üniform hareketi gezegenlerin hareketlerine ilişkin yayları ölçmede kullanılır. Bu durum sinodal yayların gezegen teorisinde bağımsız değişkenler olarak kabul edilmesine imkan verir. Ortalama Güneş, gerçek ve ortalama hareket arasındaki farkı oluşturur. Bu yaklaşım olmasaydı ortalama değerlerden söz edilemezdi. Batlamyus'tan günümüze kadar Ay ve gezegen teorilerinde zamanın lineer fonksiyonu olarak tanımlanan ortalama hareketin temel dayanağı Ortalama Güneş'tir (Swerdlow, 1998).

1. Ay'ın hareketi

Güneş gibi, Ay da günlük hareket yapar. Ayrıca her gün yıldızlara göre bir miktar yer değiştirir. Ay da tıpkı Güneş gibi yıldızlara göre her gün doğuya doğru kayar. Ay'ın doğuya doğru günlük kayma miktarı 50^m dır. Bu sürenin derece cinsinden karşılığı $13^{\circ} 11'$ dır. Ay bu kayma miktarı ile gök küresi etrafındaki bir turunu $27^d 7^h 43^m 11,47^s$ veya 27,32166 günde tamamlar. Bu periyoda sideral ay (periyot) denir. Ayın aynı yıldız ile birlikte art arda iki doğuşu arasındaki zaman farkı bir sideral ay'a eşittir.

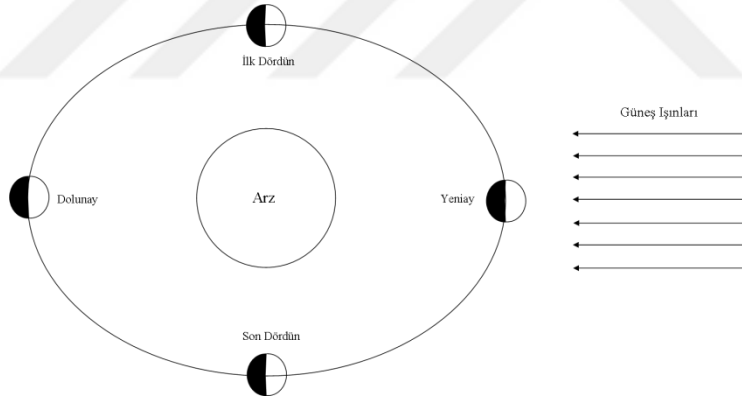
Ay'ın görünen hareket düzlemi (Ay'ın yörüngesi) ile ekliptik arasındaki açı sabit olmayıp, $4^{\circ} 59'$ ile $5^{\circ} 18'$ arasında değişmektedir. Ortalama değeri $5^{\circ} 8' 43''$ dir (bkz. Şekil 7). Ekliptik ile Ay'ın yörünge düzleminin ara kesit doğrusuna düğümler çizgisi denir. Düğümler çizgisi, ekliptik düzlemini iki noktada keser. Ay'ın, aylık hareketi sırasında ekliptiğin güneyinden kuzey tarafına geçerken rastladığı noktaya çıkış düğümü, diğerine de iniş düğümü denir. Güneş'in etkisiyle düğüm noktaları batıya doğru günde $3'$ geriler. Düğümler 18,6 yılda, bir tam bir tur atarlar.

Ay'ın herhangi bir düğümden art arda iki geçişi arasındaki süreye drakonik ay denir. Drakonik ayın müddeti, sideral aydan kısa olup 27,2122 gündür.



Şekil 7. Ay'ın gök küresi üzerindeki konumu

i. Ay'ın evreleri

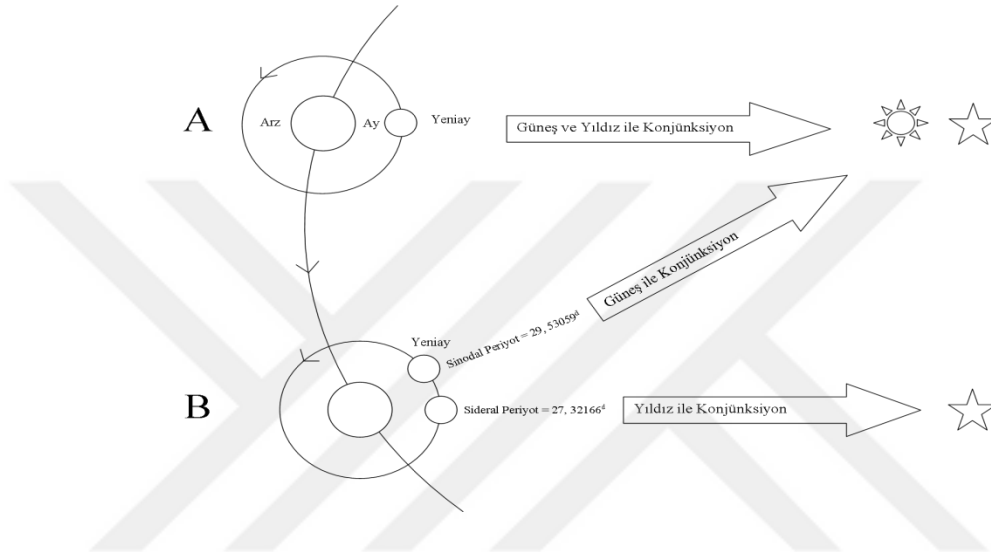


Şekil 8. Ay'ın evreleri

Ay, ışığını Güneş'ten alır. Bu nedenle, Ay'ın görülebilmesi için Güneş ile Ay arasında açısal bir uzaklık bulunmalıdır. Ay konjunksiyon konumunda iken elongasyonu 0° 'dir (bkz. Şekil 8). Ay bu konumda gözlenemez. Bu evreye yeni ay adı verilir. Ay, yeni ay evresinden bir gün sonra ince bir hilal şeklinde gözlenir. Bu tarihi takip eden günlerde hilal büyür; 7 gün sonra Ay ile Güneş arasındaki elongasyon 90° olur. Ay, bu konumda yarım daire şeklinde gözlenir. Bu evreye ilk dördün denir. Bu evreden bir hafta sonra Güneş-Arz-Ay bir doğru üzerinde bulunurlar ve elongasyon 180° olur. Bu konumda Ay, opozisyon durumunda ve dolunay evresindedir. Bu pozisyondan sonra Ay'ın görünen kısmı küçülmeye başlar. Bir hafta sonunda yine yarım daire şekline gelir. Bu durumda Ay'ın

elongasyonu 270°dir. Ay son dördün evresine gelmiştir. Görünen yarım daire ilk dördünde sağda, son dördün evresinde ise soldadır. Bundan bir hafta sonra Ay yine gözlenemez olur ve yeni ay evresine ulaşır. Çevrim sona erer. Ay'ın evreleri onun sinodal çevrimidir.

Ay ve Güneş'in görünen hareketleri birbirinden farklı olduğu için art arda meydana gelen yeni ay evreleri aynı konumda meydana gelemez. Yeni ay evresinden sonra elongasyonun tekrar 0° olabilmesi için Ay'ın takriben 27° lik bir mesafe daha kat etmesi gerekir (bkz. Şekil 9). Bu nedenle sinodal ay, sideral ay'dan uzundur. Sinodal Ay'ın değeri 29^d 12^h 44^m 2,78^s veya 29,53059 gündür.



Şekil 9. Sideral ve Sinodal ay

ii. Ay'ın gözlenme süreleri

Ay'ın yörünge düzlemi ile ekliptik arasındaki açı küçük olduğundan (~ 5°) basit bir yaklaşımla Ay'ın ekliptik üzerinde dolandığı kabul edilebilir. İlkbahar mevsiminde Güneş ilkbahar noktası, yani ekvator yakınlarında olur. Bir takvim ayı içinde, Ay en azından bir kez Güneş'e kavuşacak ve yeni ay evresine girecektir.

Tablo 17. Ay'ın 21 Mart-20 Nisan arasında ufkun üzerinde kalış süresi

Evre	δ_{Ay}	Ufkun Üzerinde Kaldığı Süre	Ay'ın Bulunduğu Burç
Yeni ay	0°	12saat	Koç
İlk dördün	23° 27'	>12saat	Yengeç
Dolunay	0°	12saat	Terazi
Son dördün	-23° 27'	<12saat	Oğlak

Güneş, 21 Mart-20 Nisan tarihleri arasında Koç burcunda bulunur. Ay, yeni ay evresinde ekvator yakınlarında bulunur ve ufkun üstünde 12 saat kalır (bkz. Tablo 17). Bu süre zarfında günlük hareketinde Güneş ile beraber doğup batar. Bir hafta sonra, Güneş yine ekvator yakınlarında olup, Ay Güneş'in batısına geçer ve Yengeç burcuna gelir. İlk dördün evresi olan bu durumda Ay'ın gün

yayı gece yayından daha uzundur; yani ufkun üstünde kalış süresi 12 saatten fazladır. Elongasyonu 90° olduğu için öğlen doğar, gece yarısı batar. Terazi burcuna geldiğinde dolunay evresinde olur. Ufkun üzerinde kalış süresi 12 saattir. Elongasyonu 180° olduğundan Güneş battığında doğu ufkundan doğar. Oğlak burcunda son dördün evresi meydana gelir. Bu konumda ufkun üzerinde 12 saatten az kalır. Elongasyonu 270° olduğu için gece yarısı doğar, öğlen batar.

Tablo 18. Ay'ın 22 Haziran-22 Temmuz arasında ufkun üzerinde kalış süresi

Evre	δ_{Ay}	Ufkun Üzerinde Kaldığı Süre	Ay'ın Bulunduğu Burç
Yeni ay	$23^\circ 27'$	>12saat	Yengeç
İlk dördün	0°	12saat	Terazi
Dolunay	$-23^\circ 27'$	<12saat	Oğlak
Son dördün	0°	12saat	Koç

Güneş, 22 Haziran-22 Temmuz tarihleri arasında Yengeç burcunda olduğu için Ay'ın bu burca gelmesi ile yeni ay evresi meydana gelir. Bu evrede 12 ufkun üzerinde 12 saatten fazla kalır (bkz. Tablo 18). İlk dördün ve son dördün evrelerinde 12 saat, dolunay evresinde ise 12 saatten daha az bir süre ufkun üzerinde bulunur.

Tablo 19. Ay'ın 23 Eylül-22 Ekim arasında ufkun üzerinde kalış süresi

Evre	δ_{Ay}	Ufkun Üzerinde Kaldığı Süre	Ay'ın Bulunduğu Burç
Yeni ay	$23^\circ 27'$	12saat	Terazi
İlk dördün	0°	<12saat	Oğlak
Dolunay	$-23^\circ 27'$	12saat	Koç
Son dördün	0°	>12saat	Yengeç

Güneş, 23 Eylül-22 Ekim tarihleri arasında Terazi burcundadır. Ay, ufkun üzerinde yeni ay ve dolunay evrelerinde 12 saat, ilk dördün evresinde 12 saatten fazla, son dördün evresinde ise 12 saatten az kalır (bkz. Tablo 19).

Tablo 20. Ay'ın 22 Aralık-20 Ocak arasında ufkun üzerinde kalış süresi

Evre	δ_{Ay}	Ufkun Üzerinde Kaldığı Süre	Ay'ın Bulunduğu Burç
Yeni ay	0°	<12saat	Oğlak
İlk dördün	$-23^\circ 27'$	12saat	Koç
Dolunay	0°	>12saat	Yengeç
Son dördün	$23^\circ 27'$	12saat	Terazi

Güneş, 22 Aralık-20 Ocak tarihleri arasında Oğlak burcundadır. Ay, ufkun üzerinde ilk dördün ve son dördün evrelerinde 12 saat, yeni ay evresinde 12 saatten fazla, dolunay evresinde ise 12 saatten az kalır (bkz. Tablo 20).

Ay'ın yörüngesi ekliptik ile çakışık olmadığından, gerçek durum bir miktar farklıdır. İlk fark, Ay'ın ufkun üzerinde kalma müddetinde kendini gösterir. Örneğin, Ay'ın Yengeç burcu yakınlarında iken ufkun üstünde kalma süresi

dikkate alınır, o tarihte Ay'ın ekliptiğe göre konumu bilinmektedir. Bu tarihte çıkış düğümünün Koç burcunda olduğu varsayılırsa, bu durumda Ay'ın, Yengeç burcunda iken ekvatorun açısal uzaklığı $23^{\circ} 27'$ değil $28^{\circ} 35'$ olur. Bu nedenle ufkun üzerinde kalma süresi hesaplanandan daha fazla olacaktır. Şayet iniş düğümü Koç burcunda olsaydı, bu kez ufkun üzerinde kalma süresi hesaplanandan daha az olacaktı. Bu iki özel durumun arasında bulunan tarihlerdeki farklar bu limit farkları arasında değişir.

Düğüm noktaları her yıl 19° kadar batıya kayar. Bu nedenle verilen bir tarih için Ayın ufkun üstünde kalma süresi birbirini takip eden yıllarda aynı olmaz. Söz gelimi, bu yıl düğüm noktası Koç burcunda ise Ay, Koç burcuna geldiğinde ufkun üzerinde 12 saat kalacak; Yengeç burcuna geldiğinde ufkun üstünde kalma süresi en fazla olacaktır. Bir yıl sonra düğüm noktası ilkbahar noktasından 19° batıya kayacak, yani ekvatorun altına inmiş olacaktır. Bir yıl sonra aynı tarihte Ay, Koç burcu hizasına geldiğinde henüz ekvatorun altındadır; bu yüzden ufkun üzerinde 12 saatten az kalır. Aynı yıl Yengeç burcuna geldiğinde ekvatorun uzaklığı $28^{\circ} 35'$ dan daha az olur. Bu nedenle bu tarihte ekvatorun üzerinde kalma süresi önceki yıla göre daha az olur.

i. Yıldızların hareketi

Yıldızlar gök küresi üzerinde ekvatora paralel yörüngeler üzerinde günlük hareket yaparlar. Bu hareketleri Güneş'e göre $23^h 56^m 4^s$ sürer. Hareketin sebebi Arz'ın kendi eksenini etrafındaki dönüşüdür. Yıldızların gök küresi üzerindeki konumlarında fark edilebilir bir değişim olmadığından konumları sabit kabul edilir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi Güneş, yıldızlara göre her gün doğuya doğru $0,986^{\circ}$ yer değiştirdiği ve günlük doğuş ve batış saatleri değiştiği için yıldızların gözlenebilirlikleri yıl içinde sürekli olarak değişir.

Örneğin, yıldız 04:40'ta doğmuş olsun. Her gün yaklaşık 4 dakika erken doğacağından bir sonraki gece 04:36'da doğar. Böylece 4 dakika fazla gözlenmiş olur. Bu hareket yıl boyunca sürer. Yıldızın hiç gözlenemediği dönemler de mevcuttur. Bu dönemlerde yıldız Güneş'in doğuş ve batış saatleri arasında ufkun üzerinde bulunduğu için gözlenemez. Yıldızların gözlenebilirliğini etkileyen bir başka etken gözlem yapılan yerin enlemidir.

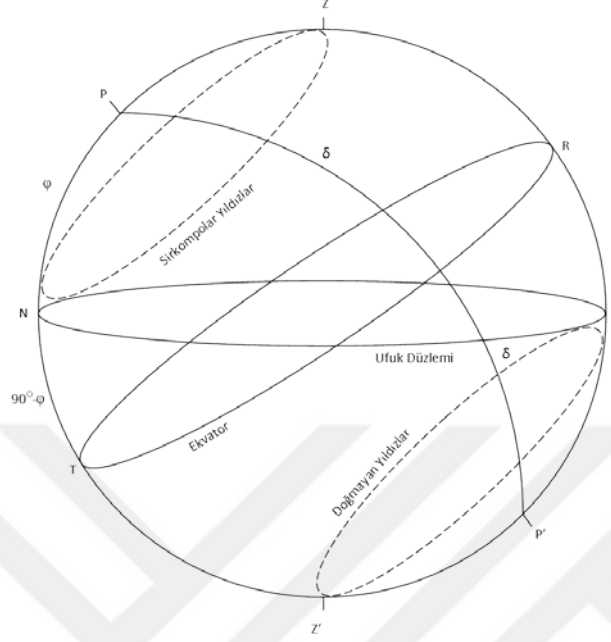
φ : Gözlem yapılan yerin enlemi

δ : Yıldızın deklinasyonu olmak üzere;

$\delta > (90^{\circ} - \varphi)$ şartını sağlayan yıldızlara Sirkompolar (batmayan) yıldızlar adı verilir (bkz. Şekil 10). Bu yıldızlar sürekli ufkun üzerinde buldukları için yıl boyunca gözlenebilirler.

$\delta < - (90^{\circ} - \varphi)$ şartını sağlayan yıldızlara doğmayan yıldızlar adı verilir. Bu yıldızlar sürekli olarak ufkun altında buldukları için yıl boyunca gözlenemezler.

- $(90^\circ - \varphi) < \delta < (90^\circ - \varphi)$ şartını sağlayan yıldızlara doğup-batan yıldızlar adı verilir. Bu yıldızlar gök küresi üzerindeki konumlarına bağlı olarak yılın bazı günlerinde gözlenebilirler, bazı günlerinde ise gözlenemezler.



Şekil 10. Yıldızların gök küresi üzerindeki hareketleri

Mesela, İstanbul'un enlemi $\varphi=41^\circ$ 'dir.

$$\delta > (90^\circ - \varphi) = \delta > (90^\circ - 41^\circ) = \delta > 49^\circ$$

Deklinalyonu 49° 'den büyük yıldızlar İstanbul için sirkompolar yıldızlardır. Bu yıldızlar yıl boyunca ufuk üzerinde kalırlar, batmazlar.

$$\delta < -(90^\circ - \varphi) = \delta < -(90^\circ - 41^\circ) = \delta < -49^\circ$$

Deklinalyonu -49° 'den küçük yıldızlar İstanbul için doğmayan yıldızlardır. Bu yıldızlar yıl boyunca ufuk üzerine çıkamadıkları için gözlenemezler.

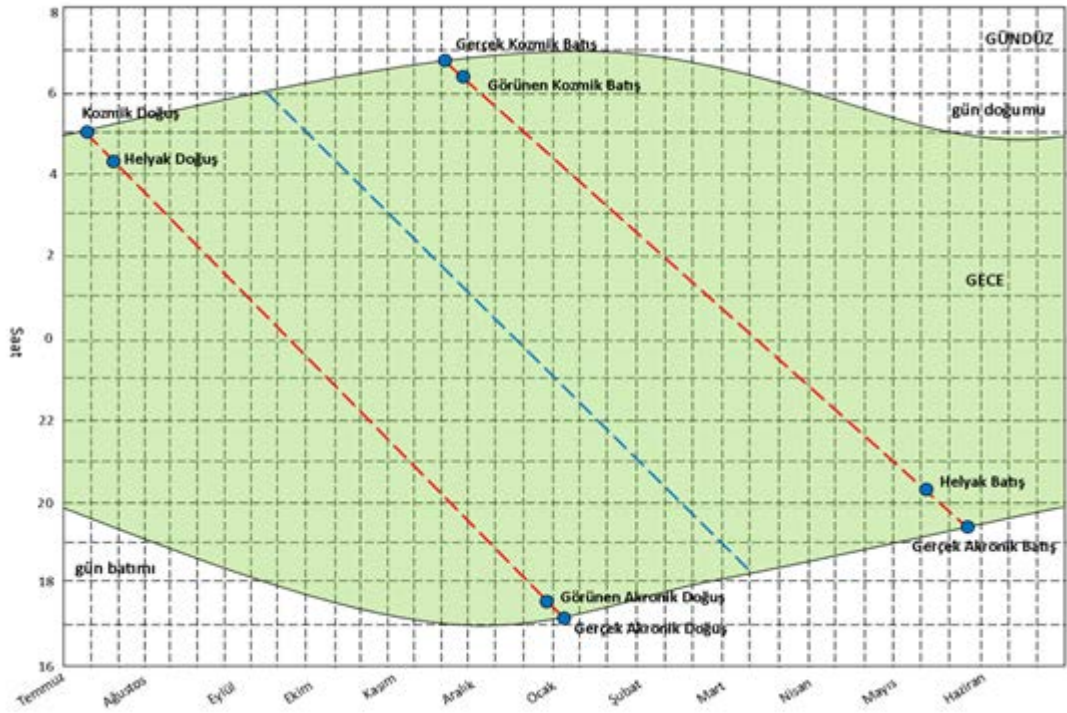
$$-(90^\circ - \varphi) < \delta < (90^\circ - \varphi) = -(90^\circ - 41^\circ) < \delta < (90^\circ - 41^\circ) = -49^\circ < \delta < 49^\circ$$

şartını sağlayan yıldızlar doğup-batan yıldızlardır. Bu yıldızlar konumlarına bağlı olarak yılın bazı günlerinde gözlenebilirler, bazı günlerinde ise gözlenemezler.

Doğup-batan yıldızlar yıl içinde sekiz fenomen yaşarlar. Bunların özellikle dört tanesi (2-4-5-7) gözlenebildiği için çok önemlidir. Bu sekiz fenomen sırası ile şunlardır:

1. Kozmik Doğuş: Yıldız ve Güneş aynı anda doğar. Yıldız, Güneş ışınları tarafından örtüldüğü için gözlenemez.

2. Helyak Doğu: Gezegenin ilk kez gözlenebildiği fenomen. Yıldız doğu ufkunda Güneş'in doğuşundan hemen önce gözlenebilir. Bir önceki gün yıldız gözlenemez.
3. Gerçek Kozmik Batış: Güneş doğmadan önce yıldızın batması.
4. Görünen Kozmik Batış: Güneş doğmadan önce yıldızın battığı konumdur. Gözlenebilir.
5. Görünen Akronik Doğu: Yıldızın Güneş batarken doğu ufkundan doğduğunun gözlendiği son gün. Bir sonraki gün yıldız doğduğunda Güneş ufukta daha fazla yükseleceği için doğuş gözlenemez.
6. Gerçek Akronik Doğuş: Yıldızın Güneş batarken doğu ufkundan doğması.
7. Helyak Batış: Yıldızın Güneş battıktan sonra batı ufkundaki son batışı. Bir sonraki gün yıldız gözlenemez.
8. Gerçek Akronik Batış: Yıldızın Güneş battıktan sonra batı ufkundan batışı.



Şekil 11. Sirius'un M.Ö. 200 civarında Mısır'a ait fenomenler grafiği

Daha önce de zikredildiği gibi gök cisimlerinin gözlenebilmesi için elongasyonun 10° den fazla olması gerekir. Ayrıca gök cisminin ufuktan yüksekliğinin de 3° den fazla olması şarttır. Bu durumda Güneş'in ufkun $6-7^\circ$ altında olması ve gök cisminin ufkun 3° üzerinde olması bu gök cisminin gözlenebilmesinin sınır (minimum) şartıdır.

Şekil 11'de Sirius yıldızının M.Ö. 200 civarı için Mısır'a ait fenomenler grafiği verilmiştir. Apsis ekseninde gün cinsinden tarih, ordinat ekseninde ise saat vardır. Yeşil renkli bölge gök cisimlerinin gözlenebildiği yani Güneş'in ufkun

altında olduğu saatleri göstermektedir. Dikkat edilirse gök cisimlerinin gözlenebilirliği yıl içerisinde sürekli değişmektedir. Şekilde ayrıca üç kesikli çizgi görülmektedir. Soldaki kesikli çizgi Sirius yıldızının doğuş saatlerini göstermektedir. Ortadaki kesikli çizgi en yüksek enlemde bulunduğu saatleri temsil etmektedir. Burada en yüksek enlemden kasıt, yıldızın gözlemcinin göksel meridyeninde bulunmasıdır. Daha önce de belirtildiği gibi yıldızlar ekvatora paralel hareket ettiklerinden hareketlerinin bir anında gözlemcinin göksel meridyeninden geçerler. Buna o gece için yıldızın en yüksek enlemi denir. Eğer yıldız gözlemcinin meridyeninden tam gece yarısı geçerse bu durumda maksimum enleme çıkmış olur. Sağdaki kesikli çizgi ise Sirius yıldızının batış saatlerini göstermektedir.

Yıllık çevrim 7 Temmuz'da Sirius'un Güneş ile aynı anda doğması ile başlar. Bu konumda yıldızın elongasyonu 0°dir. Güneş'in ışıkları yıldızı örttüğünden yıldız gözlenemez. Buna Kozmik Doğuş adı verilir. Yıldız 19 Temmuz tarihinde Güneş'in doğuşundan hemen önce doğu ufkunda gözlenir. Bu fenomene Helyak doğuş denir. Bu pozisyonda yıldızın elongasyonu 10°nin üzerine çıkmıştır ve yıldız ufkun 3° üzerindedir. Sirius bu tarihten sonra her gün 4^m erken doğar ve daha uzun süre gözlenebilir.

20 Eylül'de yıldız gece yarısı doğar ve öğlen batar. Ancak Güneş'in doğuşundan itibaren gözlenemez. Bu konumda elongasyon 90°dir. 23 Kasım'da Güneş tam doğarken Sirius batar. Bu olay direkt olarak gözlenemez. Bu fenomene Gerçek Kozmik Batış adı verilir. 28 Kasım'da kozmik batış gözlenebilir hale gelir. Buna Görünen Kozmik Batış denir. 9/10 Aralık'ta yıldız Güneş tam batarken doğu ufkundan doğar ve tam gece yarısı gözlemcinin göksel meridyeninden geçer. Bu tarih Sirius'un maksimum yüksekliğe çıktığı tarihtir. Bu konumda elongasyon 180°dir. Buraya kadar yıldız doğu ufkundadır. Bu tarihten sonra batı ufkuna geçer ve batı ufkunda her gün daha erken yükselmeye başlar. 29 Aralık Sirius'un Güneş batarken doğu ufkundan doğduğunun gözlendiği son gündür. Buna Görünen Akronik Doğuş adı verilir. 3 Ocak tarihinde tam olarak Güneş batarken doğu ufkundan doğar ancak bu durum gözlenemez. Bu fenomene Gerçek Akronik Doğuş denir. 1 Mayıs'ta öğlen doğar ve gece yarısı batar. Bu konumda elongasyon 90°dir. Sirius 12 Mayıs'ta Güneş battıktan hemen sonra batı ufkunda gözlenebilir. Bu Sirius'un gözlenebildiği son tarihtir. Bir sonraki akşam gözlenemez. Buna Helyak batış adı verilir. Gözlenebilen fenomenler burada sona erer. 23 Mayıs'ta Sirius ile Güneş tam olarak aynı zamanda batarlar ve elongasyon 0° olur. Bu fenomene Gerçek Akronik Batış adı verilir. Sirius, 12 Mayıs-19 Temmuz arasında yaklaşık 70 gün süre ile gözlenemez.

B. Mezopotamya Astronomisinin Temel Kavramları

1. Ön kabuller

Mezopotamya matematiksel astronomisi aşağıdaki pür astronomik beş ilkeyi kabul ederek iş görür:

1. Periyodun sabit olmaması. Sinodal yay ve zaman, kümülatif hatası olmayan ve uzun zaman boyunca gözlenen periyot vasıtasıyla elde edilir. Ortalama sinodal yay ve zaman da sinodal yay ve zamandan elde edilir.
2. Fenomenin karakteristik elongasyonlarda tekrar etmesi. Karakteristik elongasyonlar hesap sonucu ortaya çıkan yapay küçük periyodik değişimler haricinde sabittir.
3. Ortalama Güneş'in hareketi üniformdur. Sinodal yay Ortalama Güneş'ten itibaren ölçülür. Bilinmeyen bir sinodal yay bilinen bir sinodal zamandan bulunabilir.
4. (2) ve (3) ün sonucu olmak üzere, sinodal yay ve zaman arasındaki sabit fark Ortalama Güneş'in üniform hareketinden hesaplanır.
5. Sinodal yay ve zamanın değişimi gök cisminin Zodyak konumu ile ilişkilidir.

(1) numaralı ilke dakiklik için önemliyken diğer ilkeler yaklaşım olarak kullanılırlar.

Yukarıdaki ilkelerden yalnızca ilki tam anlamıyla doğrudur, diğerleri çok daha kompleks ve düzensiz yapıların basitleştirilmiş halleridir. Bu ilkeler yazıcılar tarafından konum gibi gözlem yoluyla yeterli hassasiyette elde edilemeyen parametrelerin ya da gezegen fenomeni gibi değişken ve kompleks olayların basite indirgenerek hesaplanmasında kullanılmışlardır. İlk iki ilke yalnızca Babilliler tarafından değil Kepler öncesi tüm astronomlar tarafından kabul edilmişlerdir. Üçüncü ilke (van der Waerden, 1957) tarafından formüle edilmiştir, bu ilke Güneş'e uzaklık ilkesidir. Bu ilkeye göre helyak doğuş, ilk durak gibi fenomenler Güneş'ten sabit bir elongasyonda sırasıyla birbirlerinin yerini alırlar. Bu ilke, $\Delta T - \Delta \sigma = C$ şeklindeki sinodal yay ile sinodal zaman arasındaki ilişkiyi açıklamak için kullanılmıştır. Burada ΔT , zaman aralığını, $\Delta \sigma$ yay uzunluğunu göstermektedir. Söz konusu ilke tam olarak doğru değildir, çünkü bu ifadede elongasyon Ortalama Güneş'ten itibaren hesaplanmaktadır. Ortalama Güneş sabit hızla hareket eder ancak gerçekte durum böyle değildir. Gerçek Güneş sabit hızla hareket etmez (Swerdlow, 1998).

Gerçek Güneş ile ilişkili elongasyon özellikle helyak doğuş ve batış esnasında değişkendir. Elongasyonların değişkenliği hem modern astronomide hem de Mezopotamya astronomisinde üstü örtülü olarak kabul edilir. Ancak tabletlerde küçük periyot değişimleri hesap hatası olarak kabul edilip büyük değişimlerle ilişkilendirilmezken modern astronomide ilişkilendirilir.

Gezegen teorisi ancak bu ön kabullerle işler hale gelebilir. Aynı fenomenin aynı elongasyonda meydana geldiği varsayımı fenomenlerin sinodal yaylarının ölçülmesinden elde edilen bir sonuçtur. Fenomenler arasındaki zaman farkı, tarihleri biliniyorsa hesaplanabileceği için zaman ile sinodal yay arasındaki ilişkiyi keşfetmek konum ölçümü yapmadan sinodal yay elde edilmesine imkan sağlar. Bu ilişki tabletlerdeki parametrelerin belirlenmesinde hayati bir öneme sahiptir.

2. Seksgesimal (altmış tabanlı) sayı sistemi

Mezopotamya matematiksel astronomisi seksgesimal (altmış tabanlı) sayı sistemi üzerine inşa edilmiştir. Bu sayı sisteminde sayılar 60 tabanlı diziler halinde gösterilir, bu nedenle her bir hanenin değeri dizideki yerine bağlıdır. Seksgesimal tabanlı bir sayı aşağıdaki örnekte gösterildiği gibi desimal (ondalık) sayı sistemine dönüştürülür:

$$\begin{aligned} 10,0;6 &= 10x60^1 + 0x60^0 + 6x60^{-1} \\ &= 600,1 \end{aligned}$$

Seksgesimal sayıların modern notasyonunda tam sayılar virgülle ayrılırken, tam sayı olmayan kısımlar noktalı virgülün sağında gösterilir. Virgüllerin sayısı arttıkça sayı da büyür, mesela;

$$\begin{aligned} 5,0 &= 5x60^1 + 0x60^0 = 300 \\ 5,0,0 &= 5x60^2 + 0x60^1 + 0x60^0 = 1500 \end{aligned}$$

Sola eklenen her virgül solundaki sayının 60^n katının alınmasını sağlar. Burada “n” ilgili hanenin sağındaki virgül sayısıdır. Benzer durum noktalı virgülün sağındaki sayılar için de geçerlidir. Noktalı virgülün sağındaki her sayı 60^{n+1} e bölünür. Burada “n” ilgili hanenin solundaki virgül sayısıdır. Örneğin;

$$\begin{aligned} 0;12 &= 0x60^0 + 12x60^{-1} \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0;0,12 &= 0x60^0 + 0x60^{-1} + 12x60^{-2} \\ &= 0,00333 \dots \end{aligned}$$

Bu gösterim mutlak notasyon olarak adlandırılır, çünkü her hane 60'ın katları ile çarpılmaktadır. Tabletlerde noktalı virgöl kullanılmaz. Bu nedenle bir hanenin 60'ın hangi katıyla çarpılacağı diğer hanelerle olan ilişkisiyle belirlenir. Tabletler çevrilirken haneler arasındaki ayırım için (.) simgesi kullanılır. Mesela tablette 10;0,6 şeklinde bulunan sayı 10.0.6 olarak çevrilir. Tabletteki sayı hem 0;10,0,6 hem de 10;0,6 olabilir, hangisinin kullanılacağı ancak bağlamı içinde anlaşılabilir. Babil matematiği ve matematiksel astronomisindeki tüm sayılar sonludur, yani tüm sayılar sonlu diziler şeklinde temsil edilebilir. Kesirli sayılar 60'ın bölenleri olan 2, 3, 5'in katları ile gösterilebilir. Sonlu seksagesimal tüm sayılar,

$$\frac{n}{2^p 3^q 5^r}$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada n, p, q, r pozitif tam sayılardır. 1/7, 1/11, 1/13, 1/17 gibi sayılar bu yöntemle gösterilemezler çünkü bu sayılar sonlu değildir. Babil astronomisinde bu tip sayıların kullanımından kaçınılmaya çalışılır.

Seksagesimal sayı sisteminin kökeni tam olarak bilinmemektedir. Bu sayı sistemi Mezopotamya'da Babillilerden çok önce de kullanılmaktaydı. Seksagesimal sayı sistemine matematiksel astronomiden başka Eski Babil dönemi matematik külliyatında da rastlanmaktadır. Eldeki en eski matematik metni III. Ur Sülalesi döneminden (M.Ö. 2112 – 2004) kalmıştır.

Babil matematiksel astronomi ve matematiğinin gelişiminde temel itici gücün seksagesimal sayı sisteminin kullanılması olduğu genel kabul gören görüştür. Bu sayı sistemi yazıcılara bir yandan sayısal sonuçları ve algoritmaları yazı formunda kaydetme imkanı sunarken diğer yandan da hesap sırasında pozisyonel sayı sisteminin tüm avantajlarını kullanma fırsatı vermiştir. Seksagesimal sayı sisteminin hem pozisyonel olmayan sayı sistemlerine hem de diğer pozisyonel sayı sistemlerine karşı avantajları vardır. İlk avantaj, pozisyonel sistemde herhangi bir sayıyı göstermek için 0 ile taban-1 (seksagesimal sistem için 0,...,59) arası simge seti yeterken, pozisyonel olmayan sistemlerde her bir sayı için farklı bir simge gerekmektedir (örnek olarak Sümer sistemi). İkinci olarak, tüm haneler aynı şekilde meydana getirildiğinden hesaplamalar çok daha etkin şekilde yapılmaktadır. Üçüncü olarak, seksagesimal sistemin özel bir avantajı vardır: 60'ın çok sayıda böleni vardır (2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 ve 30). Bu nedenle çok sayıda kesir sonlu diziler şeklinde gösterilebilir, örnek olarak seksagesimal sistemde $1/3 = 0;20$ ile gösterilebilirken desimal sistemde sonlu olarak gösterilemez: $1/3 = 0.333...$ Seksagesimal sistemin bu avantajları Babil bilim adamlarının hareket alanını genişletmiş ve karmaşık problemleri çözmelerini sağlamıştır.

3. Temel birimler

Mezopotamya matematiksel astronominin temel birimi, derece sisteminin bir parçası olan uş'tur:

$$1 \text{ gün}^{(d)} \stackrel{12}{\leftarrow} 1 \text{ mil}^{(b)} \stackrel{30}{\leftarrow} 1 \text{ derece}^{(e)} \stackrel{60}{\leftarrow} 1 \text{ cubuk}^{(nin)}$$

1 uş = 1 derece^(e) dir.

Metinlerde uş ifadesi genellikle unutulur ve yazılmaz, bu nedenle içerikten yola çıkılarak ortaya çıkarılmak zorundadır.

uş, hesaplama için kullanılan metrik bir birimdir, gözlemsel değildir. Gözlem için kullanılan birim cubittir. 1 cubit 2 ya da 2,5 uştur. Bu değerdeki farkın nedeni 1 cubitin 24 ya da 30 parmak alınmasıdır.

uş ayrıca zaman birimidir: 1 gün 6,0 uştur. Bu birime günümüzde zaman derecesi denmektedir. Zaman derecesi seksagesimal olarak çok küçük bölümlere ayrılır. Zaman derecesinin orijininin günlük pratik ihtiyaçlar değil pür aritmetik olma ihtimali yüksektir. Gecenin her üçte birlik kısmı 1,0 uşa karşılık gelir. Gündüzün de üç kısma ayrılması ve her birinin 1,0 uş alınması sonucunda bir gün toplam 6,0 uş kabul edilir. Başka bir bölümlenmeye göre ise günün her bir bölümü (toplamda 6 bölüm vardır; 3 gündüz, 3 gece) 2 beru (dana) ya ayrılır, her beru 30 uş içerir, sonuç olarak 1 gün 12 beru ya da 6,0 uş içerir. Beru ayrıca boylam hesabında 30 uş'a karşılık gelir. Zodyağın bölümlenmesi gibi, zamanın uş'a bölünmesi de hesaplama kolaylığı amacı güder. Ay çizelgelerindeki C sütunu gündüzün hesaplanan mevsimsel uzunluğunu uş cinsinden verir. Buna göre en uzun gündüz 3,36 uş, en kısa gündüz 2,24 uş iken oranları 3/2 dir. Güneş ve Ay'ın doğuş ve batışları arasındaki zaman aralığında Ay'ın görünür olduğu zamanın uş cinsinden karşılığı aynı şekilde hesaplanabilir. 1 gün 1440 dakika iken, 6,0 (ondalık sistemde 360) uştur. uş, Yunan sistemine adapte edilmiş ve geometrik olarak tekrar türetilmiştir. Gündüzün uzunluğu ile doğuş ve batış zamanlarının uş cinsinden değeri çember yayının rektasansyon derecesi olarak verilmeye başlanmıştır. Buna uygun olarak gök ekvatoru 360 dereceye ayrılmıştır. Bu sistemde 1 saat 15 dereceye karşılık gelmektedir.

Zaman açısı, 1 günün (iki gece yarısı arasındaki süre) 360'da birine karşılık gelen bir sabittir, günümüzdeki karşılığı 4 dakikadır. Matematiksel astronomide, astronomi çizelgeleri ve astrolojik metinlerde yer alan gecenin üç kısma ayrılması şeklindeki geleneksel bölümlenmeyle karşılaşılmaz. Zaman döngüleri genellikle gündeğümü, günbatımı veya gece yarısı kullanılarak tanımlanır.

Derece sistemine dair en eski kanıt Enuma Anu Enlil adlı astrolojik kehanetlerin yer aldığı tablet dizisinde bulunmuştur. Bu metnin yazıldığı tarih M.Ö. 1200 civarıdır. Bu ve M.Ö. 5. yüzyıldan önce yazılmış metinlerde derece sistemi yalnızca zaman aralıklarının belirlenmesinde kullanılmış, açısal

uzaklığın belirlenmesinde kullanılmamıştır. Bölgelerin adlandırılması ve ölçümler boylama göre yapılmaktadır, ancak boylam koordinat anlamına gelmez.

Zodyak ile ilgili eldeki en eski metin M.Ö. 450 – 400 arasına tarihlendirilmektedir. Zodyak bölgeleri, Güneş, Ay ve gezegenlerin üzerinde veya yakınında hareket ettiği, hesap yapmayı kolaylaştırmak amacıyla eşit genişlikte kabul edilen bant şeklinde alanlardır. Ay, Güneş ve gezegenlerin konumları Zodyak temelli iki boyutlu koordinat sisteminde gösterilir. Güneş'in yörüngesi her biri 30 uş olan 12 eşit parçaya ayrılmıştır, daha sonra bu bölgelere yakınlarındaki takımyıldızların isimleri verilmiştir. . Zodyağın 12 eşit bölgeye ayrılması, bu bölgelerin uş'a bölünmesi ve uş'un da bölünmesinde amaç, çizelgelerde olduğu gibi hesap yapmayı kolaylaştırmaktır. Çünkü takımyıldızların kapladıkları düzensiz alanlar hesap yapmayı zorlaştırmaktadır.

Ay'ın, Güneş'in ve gezegenlerin Zodyak konumları Zodyak takımyıldızları referans alınarak belirlenir. Konumun değeri gök cisminin bulunduğu takımyıldız bölgesinin başlangıcından itibaren hesaplanır. Babil astronomları konumu hesaplarken bulunulan konumdan önceki takımyıldızları da hesaba katarlar, böylece Zodyak konumunu sıfır ile göstermekten kurtulurlar. Babil astronomisindeki Zodyaksal koordinat sisteminin günümüzdeki karşılığı, her ne kadar referans noktaları farklı olsa da, ekliptikel koordinat sistemidir. Babil sisteminde Zodyaksal konumlar rölatifitir, her takımyıldızda yeni baştan başlar, sabit bir referans noktası yoktur.

Metinler Zodyağın genişliğinden bahsetmezler, ancak pratikte bu genişlik Ay'ın yörüngesinin ötesine çok fazla geçmez. Zodyağın 30° lik 12 parçaya ayrılması, 1 günün her biri 30 zaman derecelik 12 mile (beru) ayrılması ve yılın 30 günlük 12 aya bölünmesi ile benzerlik gösterir (Brack-Bernsen, 2007). Gezegenin iki fenomen arasındaki Zodyak boylamındaki yer değişikliği çizelgelerde hesaplanır.

Babil gezegen teorisinin temel amacı gezegenin hareketini değil, fenomenin konumunu ve zamanını belirlemektir. Mezopotamya astronomisi yörüngeler için geometrik modeller önermez. Tüm ilgisini gözlenebilir fenomenlerin konum ve zamanlarını önceden kestirebilmek üzerine yoğunlaştırmıştır.

Gezegenin iki fenomen arasındaki hareketini belirlemek için interpolasyon metotları mevcuttur. Fenomen Güneş'in ve gezegenin bir zaman aralığında bir konumdan başka bir konuma geçmeleri ve belirli bir elongasyona ulaşmaları olarak tarif edilir. Fenomeni Ay'ın düğüm noktaları gibi gezegenvari biteviye hareket sahibi yapılarla karşılaştırmak uygun olmaz. Çünkü fenomen zaman aralığının ancak küçük bir kısmında mevcut iken Ay'ın düğüm noktaları ekliptik boyunca biteviye hareket ederler, bu nedenle sürekli gözlenebilirler.

4. Takvim

Babil takvimi 21 Mart'ı (Güneş'in ilkbahar noktasında olduğu gün) takip eden ilk yeni ay evresi ile başlar. Babiller geliştirmiş oldukları hesap sistemleri ile ayın evrelerini önceden kestirme şansına sahip oldukları için yeni ay evresini belirlemek üzere çok fazla gözlem yapmamışlardır. Takvimde gün, günbatımı ile başlar ve bir sonraki günbatımı ile sona erer.

Babil takvimi Ay-Güneş (luni-solar) takvimidir. Bu tür takvimlerde problem Ay ve Güneş yıllarını uyuşturmaktır. Bu takvimde, Tablo 21'de gösterildiği gibi gün sayıları 29 ve 30 olan, 12 ay vardır. Astronomik metinlerdeki ay isimleri Eski Babil Nippur takviminden türetilmiştir.

Tablo 21. Babil takvimindeki ayların adları ve gün cinsinden uzunlukları

No	Türkçe Ad	Babilce Ad	Gün Sayısı
I	Nisan	Nisannu	30
II	Mayıs	Aiaru	29
III	Haziran	Simānu	30
IV	Temmuz	Dūzu	29
V	Ağustos	Ābu	30
VI	Eylül	Ulūlu	29
VII	Ekim	Tašrītu	30
VIII	Kasım	Araḥsamna	29
IX	Aralık	Kislīmu	30
X	Ocak	Ṭebētu	29
XI	Şubat	Şabaṭu	30
XII	Mart	Adaru	29

Babil takviminde bulunan mevsimlerin adları ve başlangıç tarihleri Şekil 12'de gösterilmiştir. İlkbahar Nisannu, yaz Dūzu, sonbahar Tašrītu, kış Ṭebētu ayı ile başlamaktadır. Mevsimlerin başlangıç tarihleri günümüz ile aynıdır.



Şekil 12. Babil mevsimlerinin adları ve başlangıç tarihleri

İlk dönemlerde takvim kralın tahta çıkması ya da önemli bir doğa olayı ile başlamaktaydı. Ancak Selökidler döneminden (SE) itibaren takvimler kralın ölümü ve yeni kralın tahta geçmesi ile sıfırlanmadı ve sürekli tarihlendirmeye geçilmiş oldu. SE'nin ilk yılı M.Ö. 312/11 'e denk gelmektedir. Tabletlerde yer alan tarihler büyük oranda SE'ye ait tarihlerdir.

Babil takviminde toplam 354 gün vardır. Güneş takvimi ile Ay takvimi arasındaki fark yaklaşık 11 gündür. Kameri yılı, Güneş yılı ile uyuşturmak için takvime belli aralıklarla aylar ilave edilmiştir. Bu uyumu sağlamada temel motivasyon ziraî faaliyetlerin düzenlenmesi ihtiyacıdır. Çünkü mevsimlerin oluşmasının müsebbibi Güneş'tir. Bu nedenle ziraî faaliyetlerin düzgün şekilde yerine getirilebilmesi için Güneş uyumlu takvim kullanmak gerekir. Aksi takdirde aylar yıl içinde kayacak (bu durumda her yıl 11 gün) ve tarım faaliyetleri için sabit tarihleri kullanmak mümkün olmayacaktır.

Babilliler 235 sinodal ayın 19 Güneş yılına eşit olduğunu keşfetmişlerdir. Bu eşitliğe günümüzde Meton periyodu adı verilmektedir. Babilli astronomların Meton periyodunu Nabunasir zamanında (M.Ö. 747) keşfettiklerine dair kanıtlar mevcuttur. Ancak takvimlere tam olarak yerleşmesi M.Ö. 424 yılını bulmuştur. Takvimde söz konusu düzeltmeyi yapmak için 19 yıllık dönemler boyunca 7 yıla birer artık ay eklenmiştir. Bu ilave ay ya Ulûlu ya da Adaru'dur. Bu aylara sırasıyla Ulûlu II ve Adaru II adı verilir. Ulûlu II ayı 29 gün, Adaru II ayı ise 30 gün sürer.

SE'de 1., 4., 7., 9., 12., 15. ve 18. yıllara birer ay ilâve edilmiştir. 1, 4, 7, 9, 12, ve 15. yıllara 30 günlük Adaru II, 18. yıla 29 günlük Ulûlu II eklenmektedir. Ortaya çıkan nihâi yıl tablosu şöyle olmaktadır (bkz. Tablo 22):

Tablo 22. Babil takvimine ait nihâi yıl tablosu

No	Türkçe Ad	Babilce Ad	Gün Sayısı
I	Mart - Nisan	Nisannu	30
II	Nisan - Mayıs	Aiaru	29
III	Mayıs - Haziran	Simānu	30
IV	Haziran - Temmuz	Dūzu	29
V	Temmuz - Ağustos	Ābu	30
VI	Ağustos - Eylül	Ulûlu	29
VI ₂		Ulûlu II	29
VII	Eylül - Ekim	Taşrītu	30
VIII	Ekim - Kasım	Araḥsamna	29
IX	Kasım - Aralık	Kislīmu	30
X	Aralık - Ocak	Ṭebētu	29
XI	Ocak - Şubat	Şabaṭu	30
XII	Şubat - Mart	Adaru	29
XII ₂		Adaru II	30

Tablo 23'te SE'ye ait artık yıllar gösterilmiştir. Yanında (*) işareti bulunan yıllara Addaru II, (**) bulunan yıllara ise Ulûlu II eklenmiştir.

Tablo 23. SE'ye ait artık yıllar

1*	58*	1,55*	2,52*	3,49*	4,46*
4*	1,1*	1,58*	2,55*	3,52*	4,49*
7*	1,4*	2,1*	2,58*	3,55*	4,52*
9*	1,6*	2,3*	3,0*	3,57*	4,54*
12*	1,9*	2,6*	3,3*	4,0*	4,57*
15*	1,12*	2,9*	3,6*	4,3*	5,0*
18**	1,15**	2,12**	3,9**	4,6**	5,3**
20*	1,17*	2,14*	3,11*	4,8*	5,5*
23*	1,20*	2,17*	3,14*	4,11*	5,8*
26*	1,23*	2,20*	3,17*	4,14*	5,11*
28*	1,25*	2,22*	3,19*	4,16*	5,13*
31*	1,28*	2,25*	3,22*	4,19*	5,16*
34*	1,31*	2,28*	3,25*	4,22*	5,19*
37**	1,34**	2,31**	3,28**	4,25**	5,23**
39*	1,36*	2,33*	3,30*	4,27*	5,24*
42*	1,39*	2,36*	3,33*	4,30*	5,27*
45*	1,42*	2,39*	3,36*	4,33*	5,30*
47*	1,44*	2,41*	3,38*	4,35*	5,32*
50*	1,47*	2,44*	3,41*	4,38*	5,35*
53*	1,50*	2,47*	3,44*	4,41*	5,38*
56**	1,53**	2,50**	3,47**	4,44**	5,41**

Meton periyoduna göre kameri yıl ile Güneş yılı arasındaki ilişki şöyledir:

19 yıl x 12 ay	228 ay
7 artık ay	7 ay
+	
Toplam	235 ay

Meton çevriminin gün sayısı şöyle hesaplanır:

19 x ((6x30) + (6x29))	6726 gün
6x30	180 gün
1x29	29 gün
Toplam	6935 gün

Bu değer 19'a bölünürse $6935/19 = 365$ gün sonucu elde edilir. 1 Güneş yılı 365,256 gün olduğuna göre her yıl 0,25 gün kaybedilmiş olur. Bu durumda $365,256/0,25 = 1461$ yılda 1 yıl kayıp olmaktadır.

Mezopotamya'nın Selökid imparatorluğunun yönetimine geçen batı bölgeleri Yunan etkisinde kalarak yıl başını ilkbahardan (Nisannu) sonbahara (Taşrîtu) kaydirmişlardır. Pers yönetiminde kalan doğu kısımları ise Nisannu ayını yıl başı olarak kabul etmeye devam etmişlerdir.

Babil takviminde 7 günlük çevrim de bulunmaktadır. 7 günlük çevrime dair ilk kayıtlara M.Ö. 7. yüzyıldan kalma Babil metinlerinde rastlanmaktadır. Ancak bu çevrim günümüzde kullandığımız anlamda haftaya karşılık gelmemektedir. 7 günlük çevrimin kullanılmasının sebebi Ay'ın her bir sinodal çevrimde yaşadığı 4 evre ile ilişkilidir. Bu evreler yeni ay, ilk dördün, dolunay ve son dördündür. Ay'ın bir sinodal çevrimi, dolayısıyla bir kameri ay 29,5 gün civarında sürdüğünden ve Ay yeni ay evresi civarında 1-2 gün süreyle gözlenemediğinden, Ay her evrede ortalama 7 gün civarında gözlenir.

Babililer 29 ve 30 günden oluşan aylar kullanmak yerine bilimsel, idari ve ticari alanlarda kullanmak üzere tithi adı verilen ve ayın 1/30 u değerine sahip sabit uzunlukta bir gün tanımlamışlardır.

5. Tithi

(Pannekoek, 1916), Kugler'in çalışmalarını inceleyerek gezegen metinlerinin zaman ölçümü için bir sistem içerdiğini keşfetti. Bu sistemde temel birimler ortalama sinodal ay ve bunun 1/30'udur. Sinodal ayın 1/30'u günümüzde tithi olarak adlandırılmaktadır. Tithi aslında Hint astronomisinde kullanılan Sanskritçe bir terimdir.

Babil Ay takviminde aylar 29 ya da 30 gündür. Aylar, Ay'ın görünür olduğu ilk akşamdan itibaren Ay çizelgeleri vasıtasıyla gözlem ya da hesap yoluyla astronomik olarak belirlenirler. Ancak pratik ve ticari amaçlarla ayın uzunluğu 30 gün kabul edilmiştir. Gezegenlere ait fenomenler aydaki gün sayısı yardımıyla hesaplandığı için yapılan bu kabul fenomenin hesaplanmasında da kullanılmıştır. Böylece ayın değişken gün sayısının neden olacağı problemler bertaraf edilmiş olmaktadır. Tithi de uş gibi istenildiği kadar bölümlenebilir.. 1 takımyıldız = 30 uş, 1 ay = 30 tithi, 12 takımyıldız = 6,0 uş, 12 ay = 6,0 tithidir. Güneş gök küresi üzerinde her gün yaklaşık 1° lik bir görünen hareket yapar, bu tithi başına yaklaşık 1 uş ve 1 ayda 30 uşa karşılık gelir. Takvim ayı 29 ya da 30 gün sürdüğünden ayı tithi cinsinden ifade etmek ile yapılacak hata en fazla 1 gündür. uş gibi tithi de gözlem değil hesaplama birimidir.

Gezegen teorisinde 1 Güneş yılının uzunluğu, m ay sayısını, y yılı göstermek üzere, $y = 12;22,8m$ dir. Eğer ay, $m = 30^v$ alınırsa bu durumda;

$$y = 12;22,8 \times 30^v = 6,11;4^v = 6,0^v + 11;4^v = 12m + 11;4^v$$

olur. Burada $e = 11;4^v$ artık zamandır, Güneş yılının Ay yılına göre fazlalığını verir (1 Ay yılı $12m = 6,0^v$ dir). Ayların farklı sayıda günlere sahip olmaları gerçek Ay takviminin yapılmasını ve kullanımını güçleştirmektedir. Bu nedenle tithinin kullanımı ve 12 aya ilave edilen artık zaman yöntemi Mısır takvimi ve Jülyen takvimde kullanılan artık zaman yöntemi ile benzerdir. Bu takvimlerde amaç günleri üniform hale getirerek yıl içindeki gün sayısını sabitlemektir.

Yazıcılar Zodyak takımyıldızlarının genişliklerinin aynı olmadığını ve ayın uzunluğunun sabit olmadığını bildiklerinden 1 takımyıldız = 30 uş ve 1 ay = 30

tithi standartlarını belirlemişlerdir. Gezegen teorisinde 12;22,8 aya karşılık gelen bir yıl, takvimde 12;22,6,20 aya karşılık gelmektedir.

Zamanı Güneş günü cinsinden ifade etmek için gözlemlerden elde edilen ikinci bir parametreye ihtiyaç vardır. Bu parametre gün cinsinden ortalama sinodal ay uzunluğudur. Yazıcılar yıl-ay ilişkisi için olduğu gibi ay-gün ilişkisi için de çeşitli değerler elde ettiler. Genel kabul gören değerler,

$$m = 30^{\tau} \approx 29;31,50,8,20^d$$

$$1^{\tau} = 0;59,3,40,16,40^d \approx 0;59^d$$

$$1^d = 1;0,57, \dots^{\tau} \approx 1;1^{\tau}$$

şeklindedir. Bu değerler tithi ile derece arasındaki dönüşümde kullanılır. Tithi yerine gün kullanıldığında tüm yıl ve ay ilişkileri elverişsiz hale gelmekte ve hassasiyet ortadan kalkmaktadır.

6. Ay ve yıl

Babil astronomisinde zaman ve hareketin temel birimlerinden biri 29;31,50,8,20 günlük ortalama sinodal aydır. Bu değer hem gezegen hem de Ay ve Güneş 'e ait ortalama ve değişen yörünge hızları ile ilgili hesaplarda kullanılmıştır. Ay ve Güneş için ilave aylar belirlenmiştir. Bu aylar, 27;19,18 günlük (27,3217 gün) ortalama sideral ay, 27;33,16,20 günlük (27,5545370 gün) anomalistik ay ve 27;12,43,56 günlük (27,2122 gün) drakonik aydır. Bu ayların ortalama değerleri Arz'ın ortalama hareketini verir. 1 Babil sideral yılı 365,25646981 gündür (modern sideral yıl 365,2564gündür).

Takvim yılı 19 Güneş yılı ile 235 ortalama sinodal ay ilişkisinden elde edilmektedir. Bir Güneş yılı yuvarlak olarak 12;22,8 ortalama sinodal aya (365,2604 gün) karşılık gelmektedir. Astronomi metinlerinde genel olarak bu değer kullanılmıştır. Babillilerin sideral ve sideral yılları modern değerlerden %0.43 ve %0.46 daha büyüktür. Sideral ve sinodal yıl arasındaki fark 49" den biraz fazla olan yıllık presesyonu vermektedir. Bu değer helyosentrik modellerde de benzer şekilde çıkmaktadır.

Güneş 1 yılda 360° yol kat ettiğine göre 12;22,8 ortalama sideral aya yuvarlanan 1 Babil yılında ayda 29;06,19,00,55,37,24 derece yol kat eder. Güneş'in ortalama günlük hızı 0;59,08,09,43,22,07 derecedir. Bu değer virgülden sonra beşinci haneye yuvarlatılırsa ("22" den "20" ye) elde edilen yıl 365,25954 gün olur (modern anomalistik yıl 365,25964 gündür).



III. BABİL GEZEĞEN-PERİYOT İLİŞKİSİ

Babilliler gezegenlerin sinodal periyotları ile ekliptikel boylamları arasında bir ilişki keşfetmişlerdir. Buna göre gezegenler sinodal fenomenlerini belirli periyotlar içinde benzer tarihlerde ve benzer boylamlarda tamamlamaktaydılar. Modern dönemde bu ilişkiye gezegen-periyot ilişkisi adı verilmiştir. Bu ilişkiler ile ilgili metinler Hedef-Yıl tabletleri olarak adlandırılmışlardır.

İç gezegenler ile dış gezegenlerin gezegen-periyot ilişkileri farklıdır. İç gezegenlerin sinodal çevrimi dış konjüksiyon, dış gezegenlerin sinodal çevrimi konjüksiyon ile başlar. Daha önce de ifade edildiği gibi Mezopotamya matematiksel astronomisinde hesap kolaylığı açısından Ortalama Güneş kullanılmıştır. Ancak gözlemler Gerçek Güneş kullanılarak yapıldığı için hesaplar ile gözlemler arasında küçük uyumsuzluklar olması normaldir. Gezegenlerin sinodal periyotları Tablo 34'ten de görülebileceği gibi 119 ile 780 gün arasındadır. Buna göre ortalama sinodal periyot 450 gün ve uyumsuzluktan kaynaklanan hata 3 gün kabul edilirse

$$\frac{\text{Hata}}{\text{Ortalama sinodal periyot}} = \frac{3}{450} \times 100 = \%0,67$$

değeri bulunur. Bu küçük hata oldukça iyi bir yaklaşım yapıldığını gösterir. Gezegenlerin günümüzde kabul edilen ortalama tropikal periyotları Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24. Gezegenlerin günümüzde kabul edilen ortalama tropikal periyotları

	Gezegen	Ortalama Tropikal Periyot
İç Gezegen	Merkür	87,969 gün
	Venüs	224,701 gün
Dış Gezegen	Mars	686,973 gün (1,881 yıl)
	Jüpiter	4330,595 gün (11,857 yıl)
	Satürn	10746,940 gün (29,424 yıl)

A. İç Gezegenler

İç gezegenlerin sinodal çevrimi dış konjüksiyon ile başladığından bu gezegenlerin gezegen-periyot ilişkileri dış konjüksiyon tarihleri üzerinden incelenmiştir.

1. Merkür

Tablo 25'te Merkür'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjüksiyonlara ait tarih ve ekliptikel boylam değerleri verilmiştir.

Tablo 25. Merkür'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjüksiyonlarına ait tarih ve ekliptikel boylam değerleri

Gün-Ay	Yıl	Ekliptikel Boylam (° ' ")	Gün-Ay	Yıl	Ekliptikel Boylam (° ' ")
28 Mart	1950	6° 51' 03"	22 Ağustos	2000	149° 14' 55"
11 Temmuz	1950	108° 18' 00"	25 Aralık	2000	274° 19' 15"
01 Kasım	1950	218° 42' 42"	23 Nisan	2001	33° 17' 09"
11 Mart	1951	350° 01' 52"	05 Ağustos	2001	133° 31' 21"
25 Haziran	1951	93° 13' 26"	04 Aralık	2001	252° 48' 22"
13 Ekim	1951	199° 27' 35"	07 Nisan	2002	17° 21' 45"
22 Şubat	1952	332° 25' 45"	21 Temmuz	2002	118° 09' 08"
09 Haziran	1952	78° 11' 00"	14 Kasım	2002	231° 37' 50"
24 Eylül	1952	181° 27' 19"	21 Mart	2003	0° 56' 03"
02 Şubat	1953	313° 50' 04"	05 Temmuz	2003	103° 00' 13"
24 Mayıs	1953	63° 04' 26"	25 Ekim	2003	211° 34' 14"
07 Eylül	1953	164° 27' 44"	04 Mart	2004	343° 49' 22"
14 Ocak	1954	294° 04' 42"	18 Haziran	2004	87° 56' 59"
08 Mayıs	1954	47° 47' 55"	05 Ekim	2004	192° 50' 54"
21 Ağustos	1954	148° 12' 34"	14 Şubat	2005	325° 50' 54"
25 Aralık	1954	273° 10' 21"	03 Haziran	2005	72° 53' 29"
23 Nisan	1955	32° 15' 40"	18 Eylül	2005	175° 17' 15"
05 Ağustos	1955	132° 29' 25"	26 Ocak	2006	306° 47' 40"
04 Aralık	1955	251° 38' 57"	18 Mayıs	2006	57° 44' 04"
06 Nisan	1956	16° 19' 43"	01 Eylül	2006	158° 37' 45"
19 Temmuz	1956	117° 07' 27"	07 Ocak	2007	286° 32' 46"
12 Kasım	1956	230° 29' 40"	03 Mayıs	2007	42° 21' 56"
20 Mart	1957	359° 52' 40"	15 Ağustos	2007	142° 36' 54"
04 Temmuz	1957	101° 58' 26"	17 Aralık	2007	265° 18' 19"
24 Ekim	1957	210° 27' 34"	16 Nisan	2008	26° 41' 03"
03 Mart	1958	342° 45' 06"	29 Temmuz	2008	127° 03' 11"
18 Haziran	1958	86° 55' 42"	25 Kasım	2008	243° 47' 51"
05 Ekim	1958	191° 45' 34"	31 Mart	2009	10° 33' 32"
14 Şubat	1959	324° 45' 17"	14 Temmuz	2009	111° 47' 37"
03 Haziran	1959	71° 52' 02"	05 Kasım	2009	223° 02' 26"

Tablo 25. (devam) Merkür'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjunksiyonlarına ait tarih ve ekliptikel boylam değerleri

17 Eylül	1959	174° 12' 57"	14 Mart	2010	353° 50' 59"
26 Ocak	1960	305° 40' 51"	28 Haziran	2010	96° 42' 03"
17 Mayıs	1960	56° 42' 03"	17 Ekim	2010	203° 33' 46"
30 Ağustos	1960	157° 33' 52"	25 Şubat	2011	336° 23' 38"
05 Ocak	1961	285° 23' 55"	12 Haziran	2011	81° 39' 57"
01 Mayıs	1961	41° 19' 25"	28 Eylül	2011	185° 21' 32"
14 Ağustos	1961	141° 33' 54"	07 Şubat	2012	317° 59' 02"
16 Aralık	1961	264° 08' 12"	27 Mayıs	2012	66° 34' 16"
16 Nisan	1962	25° 37' 47"	10 Eylül	2012	168° 12' 27"
29 Temmuz	1962	126° 00' 36"	18 Ocak	2013	298° 26' 02"
25 Kasım	1962	242° 38' 12"	11 Mayıs	2013	51° 19' 26"
30 Mart	1963	9° 29' 56"	24 Ağustos	2013	151° 50' 36"
13 Temmuz	1963	110° 45' 17"	29 Aralık	2013	277° 41' 42"
05 Kasım	1963	221° 53' 25"	26 Nisan	2014	35° 49' 52"
13 Mart	1964	352° 46' 26"	08 Ağustos	2014	136° 03' 01"
27 Haziran	1964	95° 39' 37"	08 Aralık	2014	256° 13' 03"
15 Ekim	1964	202° 26' 22"	10 Nisan	2015	19° 58' 19"
24 Şubat	1965	335° 18' 00"	23 Temmuz	2015	120° 37' 55"
11 Haziran	1965	80° 37' 02"	17 Kasım	2015	234° 55' 55"
27 Eylül	1965	184° 15' 49"	19 Mart	2016	355° 37' 29"
06 Şubat	1966	316° 52' 07"	07 Temmuz	2016	105° 27' 03"
27 Mayıs	1966	65° 31' 49"	27 Ekim	2016	214° 40' 28"
10 Eylül	1966	167° 08' 19"	07 Mart	2017	346° 37' 27"
18 Ocak	1967	297° 17' 17"	21 Haziran	2017	90° 23' 28"
11 Mayıs	1967	50° 17' 10"	08 Ekim	2017	195° 45' 43"
24 Ağustos	1967	150° 47' 21"	17 Şubat	2018	328° 47' 13"
28 Aralık	1967	276° 32' 23"	06 Haziran	2018	75° 20' 27"
24 Nisan	1968	34° 47' 24"	21 Eylül	2018	178° 02' 36"
07 Ağustos	1968	134° 59' 54"	30 Ocak	2019	309° 54' 26"
07 Aralık	1968	255° 03' 30"	21 Mayıs	2019	60° 12' 20"
08 Nisan	1969	18° 55' 23"	04 Eylül	2019	161° 15' 31"
22 Temmuz	1969	119° 35' 35"	10 Ocak	2020	289° 49' 57"
16 Kasım	1969	233° 47' 18"	04 Mayıs	2020	44° 52' 20"
23 Mart	1970	2° 33' 51"	17 Ağustos	2020	145° 09' 36"
06 Temmuz	1970	104° 25' 21"	20 Aralık	2020	268° 42' 04"
27 Ekim	1970	213° 33' 24"	19 Nisan	2021	29° 14' 15"
06 Mart	1971	345° 33' 43"	01 Ağustos	2021	129° 32' 31"
21 Haziran	1971	89° 22' 20"	29 Kasım	2021	247° 10' 05"
08 Ekim	1971	194° 39' 44"	02 Nisan	2022	13° 11' 09"
17 Şubat	1972	327° 42' 21"	16 Temmuz	2022	114° 15' 19"

Tablo 25. (devam) Merkür'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjunksiyonlarına ait tarih ve ekliptikel boylam değerleri

04 Haziran	1972	74° 19' 18"	08 Kasım	2022	226° 15' 09"
19 Eylül	1972	176° 58' 23"	17 Mart	2023	356° 34' 22"
28 Ocak	1973	308° 47' 59"	01 Temmuz	2023	99° 08' 45"
20 Mayıs	1973	59° 10' 43"	20 Ekim	2023	206° 34' 20"
02 Eylül	1973	160° 12' 31"	28 Şubat	2024	339° 14' 46"
09 Ocak	1974	288° 41' 41"	14 Haziran	2024	84° 06' 06"
04 Mayıs	1974	43° 50' 39"	30 Eylül	2024	188° 11' 29"
17 Ağustos	1974	144° 07' 39"	09 Şubat	2025	320° 59' 36"
19 Aralık	1974	267° 32' 37"	30 Mayıs	2025	69° 01' 17"
18 Nisan	1975	28° 12' 04"	13 Eylül	2025	170° 54' 40"
01 Ağustos	1975	128° 30' 59"	21 Ocak	2026	301° 36' 53"
28 Kasım	1975	246° 01' 13"	14 Mayıs	2026	53° 48' 24"
01 Nisan	1976	12° 08' 17"	27 Ağustos	2026	154° 26' 59"
15 Temmuz	1976	113° 13' 18"	01 Ocak	2027	281° 02' 52"
07 Kasım	1976	225° 06' 54"	28 Nisan	2027	38° 21' 52"
16 Mart	1977	355° 30' 43"	11 Ağustos	2027	138° 34' 45"
30 Haziran	1977	98° 06' 43"	11 Aralık	2027	259° 38' 24"
18 Ekim	1977	205° 27' 59"	11 Nisan	2028	22° 34' 10"
27 Şubat	1978	338° 09' 47"	25 Temmuz	2028	123° 06' 50"
14 Haziran	1978	83° 04' 03"	20 Kasım	2028	238° 15' 52"
30 Eylül	1978	187° 06' 36"	26 Mart	2029	6° 18' 13"
09 Şubat	1979	319° 53' 32"	09 Temmuz	2029	107° 54' 26"
29 Mayıs	1979	67° 59' 30"	30 Ekim	2029	217° 49' 03"
13 Eylül	1979	169° 50' 09"	09 Mart	2030	349° 24' 52"
21 Ocak	1980	300° 29' 07"	24 Haziran	2030	92° 50' 41"
13 Mayıs	1980	52° 46' 16"	11 Ekim	2030	198° 42' 18"
26 Ağustos	1980	153° 22' 58"	20 Şubat	2031	331° 42' 47"
31 Aralık	1980	279° 53' 46"	08 Haziran	2031	77° 47' 59"
27 Nisan	1981	37° 18' 46"	24 Eylül	2031	180° 49' 25"
10 Ağustos	1981	137° 31' 09"	02 Şubat	2032	313° 00' 03"
10 Aralık	1981	258° 28' 19"	23 Mayıs	2032	62° 40' 43"
11 Nisan	1982	21° 30' 44"	05 Eylül	2032	163° 54' 53"
25 Temmuz	1982	122° 04' 15"	12 Ocak	2033	293° 06' 08"
19 Kasım	1982	237° 05' 45"	07 Mayıs	2033	47° 22' 45"
26 Mart	1983	5° 14' 18"	20 Ağustos	2033	147° 43' 59"
09 Temmuz	1983	106° 52' 17"	23 Aralık	2033	272° 05' 46"
30 Ekim	1983	216° 40' 29"	21 Nisan	2034	31° 47' 37"
08 Mart	1984	348° 20' 27"	04 Ağustos	2034	132° 03' 26"
23 Haziran	1984	91° 48' 10"	02 Aralık	2034	250° 34' 01"
10 Ekim	1984	197° 35' 18"	05 Nisan	2035	15° 48' 46"

Tablo 25. (devam) Merkür'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjunksiyonlarına ait tarih ve ekliptikel boylam değerleri

19 Şubat	1985	330° 37' 03"	19 Temmuz	2035	116° 43' 28"
07 Haziran	1985	76° 45' 37"	12 Kasım	2035	229° 30' 03"
22 Eylül	1985	179° 44' 35"	19 Mart	2036	359° 17' 25"
01 Şubat	1986	311° 52' 25"	02 Temmuz	2036	101° 35' 19"
23 Mayıs	1986	61° 38' 23"	22 Ekim	2036	209° 37' 05"
05 Eylül	1986	162° 51' 17"	02 Mart	2037	342° 04' 45"
12 Ocak	1987	291° 57' 28"	17 Haziran	2037	86° 32' 11"
07 Mayıs	1987	46° 20' 38"	03 Ekim	2037	191° 03' 13"
20 Ağustos	1987	146° 40' 53"	12 Şubat	2038	323° 58' 27"
23 Aralık	1987	270° 56' 17"	01 Haziran	2038	71° 28' 19"
20 Nisan	1988	30° 45' 07"	16 Eylül	2038	173° 37' 33"
03 Ağustos	1988	131° 00' 54"	24 Ocak	2039	304° 46' 05"
01 Aralık	1988	249° 24' 36"	17 Mayıs	2039	56° 17' 02"
04 Nisan	1989	14° 45' 29"	30 Ağustos	2039	157° 03' 18"
18 Temmuz	1989	115° 41' 12"	05 Ocak	2040	284° 22' 36"
10 Kasım	1989	228° 21' 47"	30 Nisan	2040	40° 52' 43"
19 Mart	1990	358° 13' 58"	13 Ağustos	2040	141° 06' 18"
02 Temmuz	1990	100° 33' 56"	14 Aralık	2040	263° 03' 08"
22 Ekim	1990	208° 30' 42"	14 Nisan	2041	25° 08' 36"
02 Mart	1991	341° 00' 26"	28 Temmuz	2041	125° 35' 42"
17 Haziran	1991	85° 31' 06"	23 Kasım	2041	241° 36' 00"
03 Ekim	1991	189° 58' 21"	29 Mart	2042	8° 57' 27"
12 Şubat	1992	322° 53' 23"	12 Temmuz	2042	110° 21' 39"
31 Mayıs	1992	70° 26' 54"	03 Kasım	2042	220° 58' 30"
15 Eylül	1992	172° 33' 21"	12 Mart	2043	352° 10' 36"
23 Ocak	1993	303° 39' 38"	26 Haziran	2043	95° 17' 00"
16 Mayıs	1993	55° 15' 25"	15 Ekim	2043	201° 39' 49"
29 Ağustos	1993	156° 00' 20"	23 Şubat	2044	334° 36' 23"
03 Ocak	1994	283° 14' 21"	10 Haziran	2044	80° 14' 34"
30 Nisan	1994	39° 50' 43"	26 Eylül	2044	183° 37' 19"
13 Ağustos	1994	140° 04' 12"	04 Şubat	2045	316° 03' 22"
14 Aralık	1994	261° 53' 50"	25 Mayıs	2045	65° 08' 28"
14 Nisan	1995	24° 06' 42"	08 Eylül	2045	166° 35' 15"
28 Temmuz	1995	124° 33' 52"	16 Ocak	2046	296° 20' 32"
23 Kasım	1995	240° 26' 18"	10 Mayıs	2046	49° 52' 49"
28 Mart	1996	7° 54' 46"	23 Ağustos	2046	150° 18' 50"
11 Temmuz	1996	109° 19' 51"	27 Aralık	2046	275° 28' 51"
01 Kasım	1996	219° 50' 26"	24 Nisan	2047	34° 20' 28"
11 Mart	1997	351° 06' 21"	07 Ağustos	2047	134° 34' 28"
25 Haziran	1997	94° 14' 52"	06 Aralık	2047	253° 58' 36"

Tablo 25. (devam) Merkür'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjunksiyonlarına ait tarih ve ekliptikel boylam değerleri

13 Ekim	1997	200° 33' 34"	07 Nisan	2048	18° 25' 29"
22 Şubat	1998	333° 30' 35"	21 Temmuz	2048	119° 11' 47"
10 Haziran	1998	79° 12' 46"	14 Kasım	2048	232° 46' 50"
25 Eylül	1998	182° 32' 22"	22 Mart	2049	1° 59' 50"
04 Şubat	1999	314° 55' 54"	05 Temmuz	2049	104° 02' 35"
25 Mayıs	1999	64° 06' 18"	25 Ekim	2049	212° 42' 13"
08 Eylül	1999	165° 31' 04"	05 Mart	2050	344° 54' 11"
16 Ocak	2000	295° 12' 16"	20 Haziran	2050	88° 59' 14"
09 Mayıs	2000	48° 49' 54"	07 Ekim	2050	193° 57' 10"

Merkür 100 yıllık süreçte toplam 318 opozisyon ve 317 sinodal çevrim yaşamaktadır. Tablodaki ilk opozisyonun tarihi 28 Mart 1950, ekliptikel boylamı 6° 51' 03" dir. 1996 ve 2042 yıllarında da ilk opozisyonlar 28 ve 29 Mart tarihlerinde meydana gelmektedir. Bu tarihlerde ekliptikel boylamlar sırasıyla 7° 54' 46" ve 8° 57' 27" dir. 28 Mart 1950 ile 28 Mart 1996 opozisyonları arasındaki boylamsal fark 1° 3' 43" dir. 28 Mart 1996 ile 29 Mart 2042 opozisyonlarının boylamsal farkı ise 1° 2' 41" dir. Merkür 100 yıllık süre boyunca bir daha bu ekliptikel boylam değerlerine yakın bir konumda opozisyon fenomenini yaşamaz. 28 Mart 1950 ile 28 Mart 1996 arasında 46 yıl fark vardır. Benzer şekilde 29 Mart 2042 ile 28 Mart 1996 arasındaki zaman farkı da 46 yıldır. Buna göre Merkür her 46 yılda bir yaklaşık aynı tarih ve konumda opozisyon yaşamaktadır.

Merkür bu 46 yıllık süreçte 145 sinodal çevrim yaşamaktadır. Bu esnada yörüngesi üzerinde 46 tam tur atar. Böylece 46 tropikal çevrim tamamlanmış olur.

İç gezegenler için gezegen-periyot ilişkisi hesaplanırken sinodal ve tropikal çevrim sayısı dikkate alınmaz. Gezegen-periyot ilişkisi şu şekilde verilir:

$$\text{Sinodal periyot sayısı} = \text{Tropikal periyot sayısı} = \text{Periyodun süresi}$$

Merkür söz konusu olduğunda durum şöyle olmaktadır;

Merkür 46 yılda 145 sinodal çevrim, 46 tropikal çevrim yapar. Buna göre yukarıdaki ilişkiden,

$$145 \text{ sinodal çevrim} = 46 \text{ tropikal çevrim} = 46 \text{ yıl}$$

elde edilir. Tropikal çevrimin periyot ile eşit olması yalnızca Merkür'e has bir durumdur. Venüs için böyle bir eşitlikten söz edilemez.

Söz konusu 46 yıllık periyodun diğer parametreleri şunlardır:

$$46 \text{ yıllık çevrimin süresi: } 365,2422 \times 46 = 16801,141 \text{ gün}$$

$$\text{alınan toplam açısal yol: } 360^\circ \times 46 = 16560^\circ$$

$$\text{ortalama yol: } \frac{16560^\circ}{16801,141} \approx 0,986^\circ / \text{gün}$$

$$\text{sinodal çevrim başına alınan ortalama yol: } \frac{16560^\circ}{145} = 114,207^\circ / \text{çevrim}$$

2. Venüs

Venüs'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjüksiyon tarihleri ve bunlara ait ekliptik boylamları Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Venüs'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjüksiyon tarihleri ve bunlara ait ekliptik boylamları

Gün-Ay	Yıl	Ekliptik Boylam (° ' ")	Gün-Ay	Yıl	Ekliptik Boylam (° ' ")
14 Kasım	1950	231° 02' 44"	14 Ocak	2002	294° 07' 22"
24 Haziran	1952	93° 18' 11"	18 Ağustos	2003	145° 23' 02"
30 Ocak	1954	309° 34' 37"	31 Mart	2005	10° 31' 04"
1 Eylül	1955	158° 06' 46"	27 Ekim	2006	214° 10' 16"
14 Nisan	1957	24° 20' 18"	9 Haziran	2008	78° 42' 50"
11 Kasım	1958	228° 36' 29"	11 Ocak	2010	291° 32' 15"
22 Haziran	1960	91° 13' 15"	16 Ağustos	2011	143° 17' 47"
27 Ocak	1962	307° 00' 18"	28 Mart	2013	8° 10' 36"
30 Ağustos	1963	155° 58' 28"	25 Ekim	2014	211° 48' 31"
12 Nisan	1965	22° 03' 04"	6 Haziran	2016	76° 35' 44"
9 Kasım	1966	226° 09' 39"	9 Ocak	2018	288° 57' 28"
20 Haziran	1968	89° 07' 51"	14 Ağustos	2019	141° 11' 22"
24 Ocak	1970	304° 27' 04"	26 Mart	2021	5° 50' 28"
27 Ağustos	1971	153° 50' 42"	22 Ekim	2022	209° 26' 53"
9 Nisan	1973	20° 47' 38"	4 Haziran	2024	74° 29' 51"
6 Kasım	1974	223° 44' 21"	6 Ocak	2026	286° 22' 03"
18 Haziran	1976	87° 03' 55"	12 Ağustos	2027	139° 06' 40"
22 Ocak	1978	301° 52' 23"	23 Mart	2029	3° 28' 53"
25 Ağustos	1979	151° 43' 21"	20 Ekim	2030	207° 06' 24"
7 Nisan	1981	17° 28' 20"	2 Haziran	2032	72° 23' 32"
4 Kasım	1982	221° 19' 20"	4 Ocak	2034	283° 46' 23"
15 Haziran	1984	84° 58' 13"	9 Ağustos	2035	137° 01' 39"

Tablo 26. (devam) Venüs'ün 1950-2050 yılları arasındaki dış konjünksiyon tarihleri ve bunlara ait ekliptikel boylamları

19 Ocak	1986	299° 17' 32"	21 Mart	2037	1° 05' 39"
23 Ağustos	1987	149° 36' 30"	18 Ekim	2038	204° 46' 56"
4 Nisan	1989	15° 09' 50"	31 Mayıs	2040	70° 15' 40"
1 Kasım	1990	218° 56' 30"	1 Ocak	2042	281° 12' 30"
13 Haziran	1992	82° 53' 34"	7 Ağustos	2043	134° 55' 59"
17 Ocak	1994	296° 43' 52"	18 Mart	2045	358° 43' 35"
21 Ağustos	1995	147° 29' 25"	15 Ekim	2046	202° 28' 08"
2 Nisan	1997	12° 51' 24"	28 Mayıs	2048	68° 09' 16"
30 Ekim	1998	216° 32' 32"	29 Aralık	2049	278° 37' 14"
11 Haziran	2000	80° 48' 01"			

Tablodan da görülebileceği gibi ilk tarih 14 Kasım 1950'dir. Bu tarihte gezegenin boylamı 231° 02' 44" dir. Venüs benzer bir konuma 11 Kasım 1958 tarihinde ulaşmıştır. Bu tarihteki boylamı ise 228° 36' 29" dir. Boylamsal fark 2° 26' 15" dir. Bir sonraki benzer tarih 9 Kasım 1966'dır. Boylamı 226° 09' 39" dir. 1958 tarihli boylam ile fark 2° 28' 50" dir.

Venüs her 8 yılda bir yaklaşık olarak aynı boylamda dış konjünksiyon konumuna gelmektedir. Tablo 24'ten de anlaşılacağı gibi Venüs'ün tropikal periyodu 224,701 gündür. Buna göre Venüs günde,

$$\frac{360^{\circ}}{224,701} = 1,6^{\circ}$$

yol kat eder. 8 yıl

$$365,2422 \times 8 = 2921,938 \text{ gün}$$

sürer. Ancak gezegen-periyot ilişkisi 8 yıldan ortalama 2,5 gün eksiktir. İşlem kolaylığı bakımından bu değer 3 gün alınır ve Venüs'e ait periyot 2919 gün sürmüştür olur. Gezegen günde 1,6° yol aldığına göre 2919 günde yaklaşık

$$2919 \times 1,6^{\circ} = 4675^{\circ}$$

mesafe kat eder. Bu durumda Venüs 8 yıllık çevrimde,

$$\frac{4675^{\circ}}{360^{\circ}} = 13$$

tropikal çevrim yapmış olur.

İç gezegenler için gezegen-periyot ilişkisi,

$$\text{Sinodal periyot sayısı} = \text{Tropikal periyot sayısı} = \text{Periyodun süresi}$$

şeklinde idi. Venüs bu tarihler arasında 5 sinodal, 13 tropikal çevrim yapmıştır. Bu verilerden yola çıkılarak Venüs'ün gezegen-periyot ilişkisi,

$$5 \text{ sinodal çevrim} = 13 \text{ tropikal çevrim} = 8 \text{ yıl}$$

şeklinde bulunur.

Bu çevrimin toplu parametreleri şunlardır:

$$8 \text{ yıllık çevrimin süresi: } 365,2422 \times 8 = 2921,938 \text{ gün}$$

$$\text{alınan toplam açısal yol: } 360^\circ \times 13 = 4680^\circ$$

$$\text{ortalama yol: } \frac{4680^\circ}{2921,938} \approx 1,6^\circ / \text{gün}$$

$$\text{sinodal çevrim başına alınan ortalama yol: } \frac{4680^\circ}{5} = 936^\circ / \text{çevrim}$$

Tablo 27'de Venüs gezegeninin 11 Haziran 2000-14 Ağustos 2019 yılları arasındaki fenomenleri verilmiştir. Bu tarihler arasında 12 sinodal çevrim meydana gelmiştir.

Tablo 27. Venüs'ün 11 Haziran 2000-14 Ağustos 2019 yılları arasındaki fenomenleri

Tarih	Fenomen	Ekliptikel Boylam (° ' ")
11 Haziran 2000	Dış Konjüksiyon	80° 48' 01"
17 Ocak 2001	En Büyük Doğu Elongasyonu	344° 17' 16"
9 Mart 2001	İlk Durak	17° 43' 46"
30 Mart 2001	İç Konjüksiyon	9° 31' 43"
20 Nisan 2001	İkinci Durak	1° 27' 23"
8 Haziran 2001	En Büyük Batı Elongasyonu	31° 40' 35"
14 Ocak 2002	Dış Konjüksiyon	294° 07' 22"
22 Ağustos 2002	En Büyük Doğu Elongasyonu	195° 15' 19"
10 Ekim 2002	İlk Durak	225° 36' 35"
31 Ekim 2002	İç Konjüksiyon	217° 53' 26"

Tablo 27. (devam) Venüs'ün 11 Haziran 2000-14 Ağustos 2019 yılları arasındaki fenomenleri

21 Kasım 2002	İkinci Durak	210° 03' 13"
11 Ocak 2003	En Büyük Batı Elongasyonu	243° 34' 33"
18 Ağustos 2003	Dış Konjüksiyon	145° 23' 02"
29 Mart 2004	En Büyük Doğu Elongasyonu	55° 14' 45"
17 Mayıs 2004	İlk Durak	86° 08' 18"
8 Haziran 2004	İç Konjüksiyon	77° 53' 21"
29 Haziran 2004	İkinci Durak	69° 37' 32"
17 Ağustos 2004	En Büyük Batı Elongasyonu	99° 26' 32"
31 Mart 2005	Dış Konjüksiyon	10° 31' 04"
3 Kasım 2005	En Büyük Doğu Elongasyonu	268° 28' 48"
24 Şubat 2005	İlk Durak	301° 28' 01"
13 Ocak 2006	İç Konjüksiyon	293° 40' 06"
3 Şubat 2006	İkinci Durak	286° 01' 19"
25 Mart 2006	En Büyük Batı Elongasyonu	317° 58' 28"
27 Ekim 2006	Dış Konjüksiyon	214° 10' 16"
9 Haziran 2007	En Büyük Doğu Elongasyonu	123° 15' 54"
27 Temmuz 2007	İlk Durak	152° 57' 23"
18 Ağustos 2007	İç Konjüksiyon	144° 50' 52"
8 Eylül 2007	İkinci Durak	136° 35' 27"
28 Ekim 2007	En Büyük Batı Elongasyonu	168° 20' 38"
9 Haziran 2008	Dış Konjüksiyon	78° 42' 50"
14 Ocak 2009	En Büyük Doğu Elongasyonu	341° 58' 34"
6 Mart 2009	İlk Durak	15° 27' 27"
27 Mart 2009	İç Konjüksiyon	7° 15' 33"
17 Nisan 2009	İkinci Durak	359° 11' 57"
5 Haziran 2009	En Büyük Batı Elongasyonu	29° 30' 33"
11 Ocak 2010	Dış Konjüksiyon	291° 32' 15"
20 Ağustos 2010	En Büyük Doğu Elongasyonu	192° 59' 17"
8 Ekim 2010	İlk Durak	223° 13' 58"
29 Ekim 2010	İç Konjüksiyon	215° 30' 25"
18 Kasım 2010	İkinci Durak	207° 39' 26"
8 Ocak 2011	En Büyük Batı Elongasyonu	241° 09' 49"
16 Ağustos 2011	Dış Konjüksiyon	143° 17' 47"
27 Mart 2012	En Büyük Doğu Elongasyonu	53° 00' 19"
15 Mayıs 2012	İlk Durak	83° 59' 32"
6 Haziran 2012	İç Konjüksiyon	75° 44' 46"
27 Haziran 2012	İkinci Durak	67° 29' 16"

Tablo 27. (devam) Venüs'ün 11 Haziran 2000-14 Ağustos 2019 yılları arasındaki fenomenleri

15 Ağustos 2012	En Büyük Batı Elongasyonu	97° 13' 45"
28 Mart 2013	Dış Konjüksiyon	8° 10' 36"
1 Kasım 2013	En Büyük Doğu Elongasyonu	266° 01' 29"
21 Aralık 2013	İlk Durak	298° 58' 57"
11 Ocak 2014	İç Konjüksiyon	291° 11' 59"
31 Ocak 2014	İkinci Durak	283° 33' 23"
22 Mart 2014	En Büyük Batı Elongasyonu	315° 33' 55"
25 Ekim 2014	Dış Konjüksiyon	211° 48' 31"
6 Haziran 2015	En Büyük Doğu Elongasyonu	121° 04' 50"
25 Temmuz 2015	İlk Durak	150° 46' 23"
15 Ağustos 2015	İç Konjüksiyon	142° 39' 06"
6 Eylül 2015	İkinci Durak	134° 23' 18"
26 Ekim 2015	En Büyük Batı Elongasyonu	166° 06' 25"
6 Haziran 2016	Dış Konjüksiyon	76° 35' 44"
12 Ocak 2017	En Büyük Doğu Elongasyonu	339° 40' 27"
4 Mart 2017	İlk Durak	13° 08' 50"
25 Mart 2017	İç Konjüksiyon	4° 57' 13"
15 Nisan 2017	İkinci Durak	356° 54' 34"
3 Haziran 2017	En Büyük Batı Elongasyonu	27° 17' 53"
9 Ocak 2018	Dış Konjüksiyon	288° 57' 28"
17 Ağustos 2018	En Büyük Doğu Elongasyonu	190° 40' 09"
5 Ekim 2018	İlk Durak	220° 50' 22"
26 Ekim 2018	İç Konjüksiyon	213° 06' 30"
16 Kasım 2018	İkinci Durak	205° 14' 32"
6 Ocak 2019	En Büyük Batı Elongasyonu	238° 42' 12"
14 Ağustos 2019	Dış Konjüksiyon	141° 11' 22"

11 Haziran 2000 tarihinde meydana gelen dış konjüksiyonun boylamsal değeri 80° 48' 01" dir. Bu boylama yakın konumda meydana gelen diğer dış konjüksiyonlar 9 Haziran 2008 ve 6 Haziran 2016 tarihlerinde meydana gelmektedir. 9 Haziran 2008 tarihindeki dış konjüksiyonun boylamı 78° 42' 50", 6 Haziran 2016 tarihinde meydana gelen dış konjüksiyonun boylamı ise 76° 35' 44" dir. 8 yıllık bu süreler arasındaki boylamsal fark ~ 2,5° dir. Venüs her 8 yıllık çevrimde 2,5° geriye gitmektedir.

B. Dış Gezegenler

Dış gezegenlerin sinodal çevrimi konjunksiyon ile başlar ve biter Bu gezegenlerin gezegen-periyot ilişkileri konjunksiyon tarihleri ile analiz edilmiştir.

1. Mars

Tablo 28'de Mars'ın 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjunksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları verilmiştir.

Tablodan görülebileceği gibi Mars'ın iki konjunksiyon konumu arasındaki süre 2 yıldan biraz fazladır. Ekliptiğin etrafındaki her bir tura tropikal çevrim adı verilir. Dış gezegenlerin sinodal çevrimleri ile tropikal çevrimlerinin süreleri çakışmaz. Bu nedenle gezegenler her sinodal çevrimi farklı bir ekliptikel boylamda tamamlarlar. Mars her bir sinodal çevrimde ekliptik çevresinde bir tam tur (360°) atar ve ilave olarak bir miktar daha yol kat eder.

Tablo 28. Mars'ın 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjunksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları

Gün-Ay	Yıl	Ekliptikel Boylam (° ' ")	Gün-Ay	Yıl	Ekliptikel Boylam (° ' ")
22 Mayıs	1951	60° 38' 42"	10 Ağustos	2002	138° 06' 09"
08 Temmuz	1953	106° 22' 03"	15 Eylül	2004	173° 00' 55"
17 Ağustos	1955	143° 26' 16"	23 Ekim	2006	209° 43' 23"
21 Eylül	1957	178° 19' 46"	05 Aralık	2008	254° 09' 18"
30 Ekim	1959	215° 53' 14"	04 Şubat	2011	315° 30' 44"
14 Aralık	1961	262° 32' 35"	18 Nisan	2013	28° 08' 20"
17 Şubat	1964	327° 28' 38"	14 Haziran	2015	83° 17' 12"
29 Nisan	1966	38° 27' 14"	27 Temmuz	2017	124° 12' 29"
21 Haziran	1968	90° 18' 03"	02 Eylül	2019	159° 41' 11"
02 Ağustos	1970	129° 46' 31"	08 Ekim	2021	195° 05' 50"
07 Eylül	1972	164° 54' 24"	18 Kasım	2023	235° 36' 44"
14 Ekim	1974	200° 47' 58"	09 Ocak	2026	289° 12' 56"
25 Kasım	1976	242° 54' 24"	21 Mart	2028	1° 00' 23"
20 Ocak	1979	299° 50' 34"	25 Mayıs	2030	64° 17' 32"
02 Nisan	1981	12° 44' 49"	11 Temmuz	2032	109° 28' 27"
03 Haziran	1983	72° 19' 26"	19 Ağustos	2034	146° 19' 56"
18 Temmuz	1985	115° 25' 41"	23 Eylül	2036	181° 11' 52"
25 Ağustos	1987	151° 34' 56"	01 Kasım	2038	218° 57' 18"
29 Eylül	1989	186° 36' 28"	17 Aralık	2040	266° 11' 43"
08 Kasım	1991	225° 27' 59"	20 Şubat	2043	331° 58' 41"
27 Aralık	1993	275° 20' 56"	02 Mayıs	2045	42° 26' 39"
04 Mart	1996	344° 17' 06"	25 Haziran	2047	93° 32' 06"
12 Mayıs	1998	51° 52' 33"	04 Ağustos	2049	132° 41' 49"
01 Temmuz	2000	100° 05' 47"			

Tabloya göre ilk konjunksiyon 22 Mayıs 1951 tarihinde meydana gelmektedir. Bu pozisyonda ekliptikel boylam $60^{\circ} 38' 42''$ dir. Sonraki tarihler incelendiğinde boylamın çok uzun süre 1951 deki değerine yaklaşmadığı görülecektir. Mars benzer bir boylama 12 Mayıs 1998 tarihinde ulaşır. Bu tarihte Mars'ın ekliptikel boylamı $51^{\circ} 52' 33''$ dir. 1951 ile 1998 konjunksiyonları arasındaki boylamsal fark $8^{\circ} 46' 9''$ dir. Ayrıca dikkat edilecek olursa iki konjunksiyonun tarihleri de birbirine çok yakındır. 1951'de meydana gelen konjunksiyon 22 Mayıs tarihli iken, 1998 tarihli konjunksiyon 12 Mayıs'ta meydana gelir. Konjunksiyon tablosu incelenmeye devam edilirse 25 Mayıs 2030 tarihli konjunksiyonun meydana geleceği ekliptikel boylamın $64^{\circ} 17' 32''$ olduğu görülecektir. 1951 ile 2030 konjunksiyonları arasındaki boylamsal fark $3^{\circ} 38' 50''$ dir. Meydana geldikleri tarihler de birbirine çok yakındır. İki konjunksiyon arasındaki fark 3 gündür.

Tropikal ve sinodal çevrim sayılarının toplamı dış gezegenlerin gezegen-periyot ilişkisini verir:

$$\text{Tropikal çevrim sayısı} + \text{Sinodal çevrim sayısı} = \text{Periyodun süresi}$$

Mars 1951 ile 1998 arasında 22 sinodal çevrim yapar. Bu tarihler arasında ekliptiğin etrafını da 25 kez dolaşır. Buna göre Mars bu tarihler arasında 22 sinodal çevrim ve 25 tropikal çevrim yapmış olur. Yukarıdaki ilişkiden;

$$25 \text{ tropikal çevrim} + 22 \text{ sinodal çevrim} = 47 \text{ yıl}$$

bulunur. Gerçekten de iki tarih arasındaki fark $1998-1951 = 47$ yıldır.

Benzer şekilde Mars 1951 ile 2030 yılları arasında 37 sinodal çevrim, 42 tropikal çevrim yapar. Bu değerler;

$$42 \text{ tropikal çevrim} + 37 \text{ sinodal çevrim} = 79 \text{ yıl} (2030 - 1951)$$

sonucunu verir, ki bu sonuç periyodun süresine eşittir.

Gezegen-periyot ilişkisi tropikal ve sinodal çevrimlerin süresinin belirlenmesini mümkün kılar.

47 yıllık çevrime göre tropikal çevrimin süresi,

$$\frac{47}{25} = 1,880 \text{ yıl} (686,87 \text{ gün})$$

Sinodal çevrim,

$$\frac{47}{22} = 2,136 \text{ yıl (780,306 gün)}$$

sürer. 79 yıllık çevrimde tropikal çevrim,

$$\frac{79}{42} = 1,881 \text{ yıl (687,017 gün)}$$

olur. Sinodal çevrim,

$$\frac{79}{37} = 2,135 \text{ yıl (779,858 gün)}$$

devam eder. Günümüzde Mars için tropik periyota ait kabul edilen değer 1,881 yıl (686,973 gün), sinodal çevrim için kabul edilen değer ise 2,135 yıldır (779,940 gün). Her iki çevrimden elde edilen değer de modern değerler ile uyum içindedir. Ancak 79 yıllık çevrim 47 yıllık çevrimden daha az hataya sahiptir.

Mars'a ait opozisyon tablosunda birkaç tarih daha dikkat çekmektedir. Bu tarihlerden ilki 29 Nisan 1966'dır. Bu tarihte konjünksiyon 38° 27' 14" ekliptikel boylamda meydana gelir. 1951 de meydana gelen konjünksiyon ile boylam farkı 22° 11' 28" dir. Bu fark 1951-1998 farkından 13° 25' 19" fazladır. Mars bu 15 yıl zarfında 8 tropikal, 7 sinodal çevrim yapar. Bu değerlere göre tropikal çevrimin uzunluğu,

$$\frac{15}{8} = 1,875 \text{ yıl (684,844 gün)}$$

sinodal çevrimin uzunluğu

$$\frac{15}{7} = 2,143 \text{ yıl (782,731 gün)}$$

kadardır. İkinci tarih 3 Haziran 1983'tür. Konjünksiyonun meydana geldiği boylam 72° 19' 26" dir. 1951 de meydana gelen konjünksiyon ile boylam farkı 11° 40' 44" dir. Mars 1951-1983 arasında 17 tropikal, 15 sinodal çevrim yapar. Bu değerlere göre tropikal çevrimin uzunluğu,

$$\frac{32}{17} = 1,882 \text{ yıl (687,529 gün)}$$

sinodal çevrimin uzunluğu

$$\frac{32}{15} = 2,133 \text{ yıl (779,2 gün)}$$

olur. Bu çevrimlerin toplamı 47 yıllık çevrimi verir:

$$15 + 32 = 47 \text{ yıl}$$

Ayrıca 32 ve 47 yıllık çevrimlerin toplanması ile 79 yıllık çevrimin periyodu bulunmuş olur:

$$32 + 47 = 79 \text{ yıl}$$

Babil metinlerinde 15 ve 32 yıllık çevrimlerden söz edilmez. Bunun nedeni bazı periyotların yıldız geçişleri, bazı periyotların ise gezegenin fenomenleri için daha iyi sonuçlar vermesi olabilir (Evans, 1998). Bu yüzden Babilliler yıldız geçişleri ile uyumlu periyotlardan ziyade fenomenler ile uyumlu periyotları kullanmış ve tabletlere geçirmiş olabilirler.

Dikkat çeken son tarih 2 Mayıs 2045'dir. Bu tarihte ekliptikel boylam 42° 26' 39" dir. Bu tarih ile 1951 konjüksiyonu arasındaki boylamsal fark 18° 12' 13" dir. Aradaki zaman farkı 94 yıldır. Bu konjüksiyon 79 yıllık çevrime 15 yıl eklenmesi suretiyle elde edilen tarihte meydana gelmiştir. 79+15=94 yıl. Ayrıca 79 yıllık çevrim 2030'da bittiğine göre sonraki çevrimin 15. yılı 2045'e denk gelmektedir. Bu durumda 100 yıllık süreçte ikinci çevrim 2030 da başlamaktadır.

Mars'a ait periyotlar Tablo 29'da verilmiştir. Koyu renkli periyotlar Hedef-Yıl metinlerinde yer almaktadır.

Tablo 29. Mars'a ait gezegen-periyot ilişkileri

Periyot Süresi (yıl)	Tropikal Çevrim Sayısı	Sinodal Çevrim Sayısı
15	8	7
32	17	15
47	25	22
79	42	37

Mars'ın 79 yıllık çevrimi,

$$365,2422 \times 79 = 28854,1338 \text{ gün}$$

sürer. Bu süre zarfında 42 tropikal, 37 sinodal dönüş yapar. 42 tropikal dönüş,

$$360^\circ \times 42 = 15120^\circ$$

yapar. Tablo 24'ten görülebileceği gibi Mars'ın 1 tropikal dönüşü 686,973 gündür. Bu durumda 42 tropikal dönüş,

$$686,973 \times 42 = 28852,87 \text{ gün}$$

sürer. Bu da günlük ortalama

$$\frac{15120^\circ}{28852,87} = 0,524^\circ/\text{gün}$$

değerine karşılık gelir. Mars'ın sinodal periyodu 779,94 gün olduğuna göre, 37 sinodal dönüş

$$779,94 \times 37 = 28857,78 \text{ gün}$$

Buna göre sinodal çevrim başına alınan yol,

$$\frac{15120^\circ}{37} = 408,65^\circ$$

olur. 24 Temmuz 1938 tarihinde meydana gelen konjunksiyonun ekliptikel boylamı $121^\circ 12' 05''$ dir. 27 Temmuz 2017 tarihinde meydana gelen konjunksiyonun boylamı ise $124^\circ 12' 29''$ dir. Aradaki boylamsal fark $3^\circ 0' 24'' \approx 3^\circ$ dir. Tropikal dönüşün süresi 28852,87 gün, sinodal dönüşün süresi ise 28857,78 gün idi. Çevrime esas teşkil eden konjunksiyon dolayısıyla sinodal çevrimdir. Sinodal çevrim tropikal çevrimden $28857,78 - 28852,87 \approx 5$ gün uzundur. Yani tropikal dönüş bittiğinde sinodal dönüş henüz tamamlanmamış olur. Gezegen günde yaklaşık $0,524^\circ$ yol aldığına göre 5 günde,

$$0,524^\circ \times 5 = 2,62^\circ = 3^\circ$$

fazladan yol almış olur. Boylamsal farkın nedeni budur.

2. Jüpiter

Jüpiter'e ait 1950-2050 yılları arasındaki konjüksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamlar Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Jüpiter'in 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjüksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları

Gün-Ay	Yıl	Ekliptikel Boylam (° ' ")	Gün-Ay	Yıl	Ekliptikel Boylam (° ' ")
3 Şubat	1950	314° 25' 24"	14 Haziran	2001	83° 30' 50"
11 Mart	1951	350° 19' 57"	20 Temmuz	2002	117° 10' 44"
17 Nisan	1952	27° 13' 18"	22 Ağustos	2003	148° 54' 56"
25 Mayıs	1953	63° 38' 0"	21 Eylül	2004	179° 19' 8"
30 Haziran	1954	98° 22' 36"	22 Ekim	2005	209° 13' 12"
4 Ağustos	1955	131° 04' 36"	21 Kasım	2006	239° 30' 15"
4 Eylül	1956	162° 05' 14"	23 Aralık	2007	271° 00' 35"
5 Ekim	1957	192° 08' 36"	24 Ocak	2009	304° 22' 14"
5 Kasım	1958	222° 06' 57"	28 Şubat	2010	339° 44' 5"
5 Aralık	1959	252° 52' 47"	6 Nisan	2011	16° 27' 21"
5 Ocak	1961	285° 11' 59"	13 Mayıs	2012	53° 10' 41"
8 Şubat	1962	319° 30' 44"	19 Haziran	2013	88° 32' 1"
16 Mart	1963	355° 36' 36"	24 Temmuz	2014	121° 52' 20"
22 Nisan	1964	32° 28' 25"	26 Ağustos	2015	153° 21' 4"
30 Mayıs	1965	68° 39' 30"	26 Eylül	2016	183° 37' 6"
5 Temmuz	1966	103° 05' 33"	26 Ekim	2017	213° 31' 6"
8 Ağustos	1967	135° 31' 43"	26 Kasım	2018	243° 56' 19"
9 Eylül	1968	166° 23' 8"	27 Aralık	2019	275° 41' 41"
9 Ekim	1969	196° 24' 53"	29 Ocak	2021	309° 21' 45"
9 Kasım	1970	226° 28' 49"	5 Mart	2022	344° 58' 27"
10 Aralık	1971	257° 26' 13"	11 Nisan	2023	21° 45' 14"
10 Ocak	1973	290° 00' 29"	18 Mayıs	2024	58° 18' 23"
13 Şubat	1974	324° 34' 7"	24 Haziran	2025	93° 21' 50"
22 Mart	1975	0° 49' 0"	29 Temmuz	2026	126° 24' 39"
27 Nisan	1976	37° 39' 13"	31 Ağustos	2027	157° 41' 36"
4 Haziran	1977	73° 38' 47"	30 Eylül	2028	187° 53' 25"
10 Temmuz	1978	107° 49' 20"	30 Ekim	2029	217° 50' 52"
13 Ağustos	1979	140° 02' 5"	30 Kasım	2030	248° 25' 59"
13 Eylül	1980	170° 45' 23"	1 Ocak	2032	280° 25' 52"

Tablo 30. (devam) Jüpiter'in 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjunksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları

14 Ekim	1981	200° 45' 7"	2 Şubat	2033	314° 21' 28"
13 Kasım	1982	230° 52' 19"	10 Mart	2034	350° 09' 27"
14 Aralık	1983	261° 57' 23"	17 Nisan	2035	26° 57' 43"
14 Ocak	1985	294° 42' 38"	23 Mayıs	2036	63° 21' 33"
18 Şubat	1986	329° 27' 34"	29 Haziran	2037	98° 09' 35"
27 Mart	1987	5° 49' 46"	3 Ağustos	2038	130° 57' 35"
2 Mayıs	1988	42° 39' 25"	4 Eylül	2039	162° 04' 41"
9 Haziran	1989	78° 30' 43"	4 Ekim	2040	192° 13' 3"
15 Temmuz	1990	112° 29' 20"	4 Kasım	2041	222° 12' 58"
17 Ağustos	1991	144° 30' 48"	4 Aralık	2042	252° 55' 30"
17 Eylül	1992	175° 06' 16"	5 Ocak	2044	285° 06' 12"
18 Ekim	1993	205° 03' 13"	7 Şubat	2045	319° 13' 40"
17 Kasım	1994	235° 14' 11"	15 Mart	2046	355° 10' 17"
18 Aralık	1995	266° 29' 44"	22 Nisan	2047	31° 59' 50"
19 Ocak	1997	299° 30' 31"	28 Mayıs	2048	68° 16' 33"
23 Şubat	1998	334° 31' 56"	4 Temmuz	2049	102° 52' 43"
1 Nisan	1999	11° 04' 28"	7 Ağustos	2050	135° 28' 49"
8 Mayıs	2000	47° 52' 37"			

Tabloya göre ilk konjunksiyon 3 Şubat 1950 tarihinde meydana gelmektedir. Bu konumda ekliptikel boylam 314° 25' 24" dir. 8 Şubat 1962 tarihinde gezegen 319° 30' 44" ekliptikel boylamda konjunksiyon konumuna ulaşır. 1950 ile 1962 konjunksiyonları arasındaki boylamsal fark 5° 5' 20" dir. Jüpiter'in yakın bir konumda konjunksiyon yaşaması için 59 yıl daha geçmesi gerekmektedir. 29 Ocak 2021'de Jüpiter konjunksiyon konumunda ve ekliptikel boylamı 309° 21' 45" olacaktır. 1950 ve 2021 konumları arasındaki boylamsal fark 5° 3' 39" dir. Bu tarihten 12 yıl sonra 2 Şubat 2033'de gezegen tekrar benzer bir konuma gelecektir. Bu tarihteki boylamı 314° 21' 28" dir. 1950 ile 2033 arasındaki boylamsal fark yalnızca 3' 56" dir. Jüpiter'in söz konusu tarih aralığında bu konuma son yaklaştığı tarih 7 Şubat 2045'dir. Bu tarihte boylamı 319° 13' 40" olacaktır.

Sonuç olarak, Jüpiter'in gezegen-periyot ilişkileri 12,71, 83 ve 95 yıldır. Ancak bunlardan yalnızca 71 ve 83 yıllık periyotlar Hedef-Yıl metinlerinde yer almaktadır. 12 ve 71 yıllık periyotların toplamının bir sonraki periyot olan 83 yılı verir:

$$12 + 71 = 83 \text{ yıl}$$

Benzer şekilde, 12 ve 83 yıllık periyotların toplamı da 95 yıllık periyodu verir:

$$12 + 83 = 95 \text{ yıl}$$

Jüpiter'in periyotlarına ait tropikal ve sinodal çevrim sayıları Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31. Jüpiter'e ait gezegen-periyot ilişkileri

Periyot Süresi (yıl)	Tropikal Çevrim Sayısı	Sinodal Çevrim Sayısı
12	1	11
71	6	65
83	7	76
95	8	87

71 yıllık çevrimde ortalama tropikal periyot,

$$\frac{71}{6} = 11,833 \text{ yıl (4322,125 gün)}$$

ortalama sinodal periyot,

$$\frac{71}{65} = 1,092 \text{ yıl (398,965 gün)}$$

olur. Jüpiter'in 83 yıllık çevrimi

$$365,2422 \times 83 = 30315,103 \text{ gün}$$

sürer. Bu esnada 7 tropikal, 76 sinodal çevrim meydana gelir.

7 tropikal periyot,

$$4330,595 \times 7 = 30314,465 \text{ gün}$$

içerir. Bu süre zarfında gezegen toplam

$$360^\circ \times 7 = 2520^\circ$$

yol kat eder. Buna göre günde alınan yol

$$\frac{2520^{\circ}}{30315,103} \approx 0,08^{\circ} \approx 4' 48''$$

kadardır. 76 sinodal periyot

$$398,88 \times 76 = 30314,88 \text{ gün}$$

içerir. Jüpiter'in sinodal çevrim başına aldığı yol,

$$\frac{2520^{\circ}}{76} = 33,16^{\circ}$$

olur. 3 Şubat 1950 tarihindeki konjünksiyonun ekliptikel boylamı $314^{\circ} 25' 24''$, 2 Şubat 2033'te meydana gelen konjünksiyonun boylamı ise $314^{\circ} 21' 28''$ dir. Aradaki boylam farkı $3' 56''$ dir. Bu da alınan ortalama yola göre yaklaşık 1 güne tekabül etmektedir.

83 yıllık çevrime göre bir tropikal çevrimin süresi,

$$\frac{83}{7} = 11,857 \text{ yıl (4330,821 gün)}$$

Bir sinodal çevrimin süresinin değeri,

$$\frac{83}{76} = 1,092 \text{ yıl (398,891 gün)}$$

3. Satürn

Satürn'e ait 1950-2050 yılları arasındaki konjünksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamlar Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32. Satürn'ün 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjünksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları

Gün-Ay	Yıl	Ekliptikel Boylam ($^{\circ} ' ''$)	Gün-Ay	Yıl	Ekliptikel Boylam ($^{\circ} ' ''$)
16 Eylül	1950	$172^{\circ} 40' 55''$	25 Mayıs	2001	$64^{\circ} 21' 38''$

Tablo 32. (devam) Satürn'ün 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjunksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları

29 Eylül	1951	185° 28' 28"	09 Haziran	2002	78° 27' 19"
11 Ekim	1952	197° 57' 18"	24 Haziran	2003	92° 38' 35"
23 Ekim	1953	210° 08' 48"	08 Haziran	2004	106° 49' 53"
05 Kasım	1954	222° 04' 57"	23 Haziran	2005	120° 55' 41"
16 Kasım	1955	233° 48' 06"	07 Ağustos	2006	134° 50' 57"
27 Kasım	1956	245° 20' 54"	21 Ağustos	2007	148° 31' 43"
09 Aralık	1957	256° 46' 13"	04 Eylül	2008	161° 55' 07"
20 Aralık	1958	268° 07' 02"	17 Eylül	2009	174° 59' 33"
31 Aralık	1959	279° 26' 27"	01 Ekim	2010	187° 44' 38"
11 Ocak	1961	290° 47' 39"	13 Ekim	2011	200° 11' 02"
22 Ocak	1962	302° 13' 59"	25 Ekim	2012	212° 20' 14"
03 Şubat	1963	313° 48' 48"	06 Kasım	2013	224° 14' 17"
15 Şubat	1964	325° 35' 07"	18 Kasım	2014	235° 55' 40"
26 Şubat	1965	337° 35' 32"	30 Kasım	2015	247° 27' 06"
10 Mart	1966	349° 52' 21"	10 Aralık	2016	258° 51' 30"
23 Mart	1967	2° 27' 22"	21 Aralık	2017	1° 15' 4"
05 Nisan	1968	15° 21' 38"	02 Ocak	2019	281° 31' 25"
18 Nisan	1969	28° 35' 23"	13 Ocak	2020	292° 53' 10"
02 Mayıs	1970	42° 07' 35"	24 Ocak	2021	304° 20' 21"
17 Mayıs	1971	55° 56' 01"	04 Şubat	2022	315° 56' 23"
31 Mayıs	1972	69° 57' 18"	16 Şubat	2023	327° 44' 17"
15 Haziran	1973	84° 06' 56"	28 Şubat	2024	339° 46' 41"
30 Haziran	1974	98° 19' 42"	12 Mart	2025	352° 05' 47"
15 Haziran	1975	112° 30' 10"	25 Mart	2026	4° 43' 16"
29 Haziran	1976	126° 33' 05"	07 Nisan	2027	17° 40' 03"
13 Ağustos	1977	140° 23' 47"	20 Nisan	2028	30° 56' 11"
27 Ağustos	1978	153° 58' 37"	04 Mayıs	2029	44° 30' 30"
10 Eylül	1979	167° 15' 08"	19 Mayıs	2030	58° 20' 36"
23 Eylül	1980	180° 12' 12"	03 Haziran	2031	72° 22' 58"
06 Ekim	1981	192° 50' 04"	17 Haziran	2032	86° 33' 00"
18 Ekim	1982	205° 10' 06"	02 Haziran	2033	100° 45' 30"
31 Ekim	1983	217° 14' 09"	17 Haziran	2034	114° 55' 02"
11 Kasım	1984	229° 04' 13"	01 Ağustos	2035	128° 56' 28"
23 Kasım	1985	240° 42' 42"	14 Ağustos	2036	142° 45' 21"
04 Aralık	1986	252° 12' 17"	29 Ağustos	2037	156° 18' 11"
16 Aralık	1987	263° 35' 52"	12 Eylül	2038	169° 32' 38"
26 Aralık	1988	274° 56' 34"	25 Eylül	2039	182° 27' 38"
06 Ocak	1990	286° 17' 39"	07 Ekim	2040	195° 03' 19"
18 Ocak	1991	297° 42' 26"	20 Ekim	2041	207° 21' 02"
29 Ocak	1992	309° 14' 08"	01 Kasım	2042	219° 22' 52"

Tablo 32. (devam) Satürn'ün 1950 ile 2050 tarihleri arasındaki konjünksiyon tarihleri ve bu tarihlerdeki ekliptikel boylamları

09 Şubat	1993	320° 55' 52"	13 Kasım	2043	231° 11' 04"
21 Şubat	1994	332° 50' 32"	24 Kasım	2044	242° 48' 05"
06 Mart	1995	345° 00' 41"	06 Aralık	2045	254° 16' 36"
17 Mart	1996	357° 28' 22"	17 Aralık	2046	265° 39' 33"
30 Mart	1997	10° 14' 56"	28 Aralık	2047	277° 00' 00"
13 Nisan	1998	23° 20' 46"	08 Ocak	2049	288° 21' 16"
27 Nisan	1999	36° 45' 11"	19 Ocak	2050	299° 46' 37"
10 Mayıs	2000	50° 26' 22"			

İlk konjünksiyon 16 Eylül 1950'de meydana gelmiştir. Bu tarihte ekliptikel boylam 172° 40' 55" dir. Satürn 17 Eylül 2009 tarihinde ve 174° 59' 33" ekliptikel boylamda konjünksiyon konumuna ulaşır. 1950 ile 2009 opozisyonları arasındaki boylamsal fark 2° 18' 38" dir. Gezegen bu süre zarfında 2 tropikal, 57 sinodal çevrim tamamlar. 100 yıllık süre boyunca Satürn opozisyonda bir daha bu konuma yaklaşamaz.

$$\text{Tropikal çevrim sayısı} + \text{Sinodal çevrim sayısı} = \text{Periyodun süresi}$$

olduğuna göre Satürn'ün periyodu,

$$2 \text{ tropikal çevrim} + 57 \text{ sinodal çevrim} = 59 \text{ yıl}$$

Satürn'ün periyoduna ait tropikal ve sinodal çevrim sayıları Tablo 33'te verilmiştir. Tabletlerde başka bir periyottan söz edilmez.

Tablo 33. Satürn'e ait gezegen-periyot ilişkileri

Periyot Süresi (yıl)	Tropikal Çevrim Sayısı	Sinodal Çevrim Sayısı
59	2	57

59 yılın gün olarak karşılığı

$$365,244 \times 59 = 21549,290 \text{ gün}$$

2 tropikal periyodun gün cinsinden değeri,

$$10746,940 \times 2 = 21493,88 \text{ gün}$$

yapar. Aldığı toplam tropikal yol,

$$360^{\circ} \times 2 = 720^{\circ}$$

ve bu periyot için gezegenin gün başına aldığı yol

$$\frac{720^{\circ}}{21493,88} = 0,0335^{\circ}$$

olur. 57 sinodal periyodun süresi

$$378,09 \times 57 = 21551,13 \text{ gün}$$

yapar. Gezegen sinodal çevrim başına

$$\frac{720^{\circ}}{57} = 12,63^{\circ}$$

yol almaktadır.

9 Aralık 1957'de meydana gelen konjüksiyonun boylam değeri $256^{\circ} 46' 13''$ dir. 10 Aralık 2016 tarihinde meydana gelen konjüksiyon ise $258^{\circ} 51' 30''$ boylamında meydana gelmiştir. Aradaki boylamsal fark $2^{\circ} 5' 17''$ dir . Satürn günde $0,0335^{\circ}$ yol aldığına göre bu yolu

$$\frac{2,0966^{\circ}}{0,0335^{\circ}} \approx 63$$

günde alır. Tropikal ve sinodal periyotlar arasındaki fark,

Sinodal periyot	21551,13
Tropikal Periyot	21493,88
<i>Fark</i>	<u>57,25</u>

gündür. Bu süreye iki konjunksiyon arasındaki 1 günlük fark da eklenirse toplam gün sayısı 58,25 olur. Yukarıda boylam farkını almak için gereken sürenin 63 gün civarında olduğu hesaplanmıştı. Tropikal ve sinodal periyotlar arasındaki zaman farkı 58,25 gün olduğuna göre yapılan hesaplama farkı açıklamak için oldukça iyi bir yaklaşımdır.

Gezegenlerin gezegen-periyot ilişkisinden hesaplanan periyotları Tablo 34'te verilmiştir.

Tablo 34. Gezegenlerin gezegen-periyot ilişkisinden hesaplanan periyotları

Gezegen Adı	Periyot Süresi (yıl)	Tropikal Çevrim Sayısı	Sinodal Çevrim Sayısı
Merkür	46	46	145
Venüs	8	8	5
Mars	47	25	22
	79	42	37
Jüpiter	71	6	65
	83	7	76
Satürn	59	2	57

C. İç ve Dış Gezegenlerin Uzun Periyotları

Selökidler döneminde daha uzun gezegen periyotları da kullanılmıştır. Bu periyotlar Tablo 35'te verilmiştir.

Tablo 35. Selökidler döneminde hesaplanan uzun gezegen periyotları

Gezegen	Periyot Süresi (yıl)	Tropikal Periyot	Sinodal Periyot	Tropikal çevrimin süresi (yıl)	Ortalama Sinodal Yay (derece)	Sinodal Periyot (gün)	Derece/Gün
Merkür	46	46	145	0.241	114.207	115.875	0;59,08,09,04,37
Venüs	1151	1871	720	0.615	935.500	583.909	0;59,08,09,04,37
Mars	284	151	133	1.881	408.720	779.955	0;31,26,31,01,24
Jüpiter	427	36	391	11.857	33.150	398.890	0;04,59,08,29,37
Satürn	265	9	256	29.424	12.660	378.101	0;02,00,11,30,42

İç gezegenlerin derece/gün değerleri Arz'ın ortalama hareketinden elde edilmiştir.

1. Merkür

Merkür için tabletlerde verilen uzun periyot, gezegen-periyot ilişkisinde verilen değer ile aynıdır.

2. Venüs

Tablo 35'ten görülebileceği gibi Venüs için verilen uzun periyot 1151 yıldır. Venüs her çevrimde 2,5° geriye gittiğine göre gök küresi üzerindeki bir turunu;

$$\frac{360^{\circ}}{2,5^{\circ}} = 144$$

çevrimde tamamlar. Venüs için gezegen periyot ilişkisi,

$$5 \text{ sinodal çevrim} = 13 \text{ tropikal çevrim} = 8 \text{ yıl}$$

şeklinde olduğundan,

$$144 \times 5 \text{ sinodal çevrim} = 144 \times 13 \text{ tropikal çevrim} = 144 \times 8 \text{ yıl}$$

Buna göre;

$$720 \text{ sinodal çevrim} = 1872 \text{ tropikal çevrim} = 1152 \text{ yıl}$$

ilişkisi ortaya çıkar. Ancak 8 yıllık çevrim her defasında ortalama 2,5 gün geri geldiğinden 144 çevrimde

$$144 \times 2,5 = 360 \text{ gün}$$

kaybedilmiş olur. Bu durumda gezegen periyot ilişkisinin nihai hali,

$$720 \text{ sinodal çevrim} = 1871 \text{ tropikal çevrim} = 1151 \text{ yıl}$$

şeklini alır.

Venüs'ün uzun periyodunun temel değerleri şunlardır:

$$1151 \text{ yıllık çevrimin süresi: } 365,2422 \times 1151 = 420393,772 \text{ gün}$$

$$\text{alınan toplam açısal yol: } 360^{\circ} \times 1871 = 673560^{\circ}$$

$$\text{ortalama yol: } \frac{673560^\circ}{420393,772} \approx 1,6^\circ / \text{gün}$$

$$\text{sinodal çevrim başına alınan ortalama yol: } \frac{673560^\circ}{720} = 935,5^\circ / \text{çevrim}$$

3. Mars

Babilliler Mars için 284 yıllık uzun periyot ilişkisi keşfetmişlerdir. Gezegen bu sürede 151 tropikal, 133 sinodal dönüş yapar. Bu periyot ile ilişkili hesaplar aşağıdadır:

$$284 \text{ yıllık çevrimin süresi: } 365,2422 \times 284 = 103728,785 \text{ gün}$$

$$151 \text{ tropikal dönüş: } 686,973 \times 151 = 103732,923 \text{ gün}$$

$$\text{alınan toplam açısal yol: } 360^\circ \times 151 = 54360^\circ$$

$$\text{ortalama yol: } \frac{54360^\circ}{103732,93} \approx 0,524^\circ / \text{gün}$$

$$133 \text{ sinodal dönüş: } 779,94 \times 133 = 103732,02 \text{ gün}$$

$$\text{sinodal çevrim başına alınan ortalama yol: } \frac{54360^\circ}{133} = 408,72^\circ / \text{çevrim}$$

23 Temmuz 1733 tarihinde meydana gelen konjünksiyonun boylamı $120^\circ 52' 27''$, 27 Temmuz 2017 tarihinde meydana gelen konjünksiyonun boylamı ise $124^\circ 12' 29''$ dir. Boylamsal fark $3^\circ 0' 24''$ olur. Mars günde $0,524^\circ$ yol aldığına göre bu mesafeyi,

$$\frac{3^\circ}{0,524^\circ} \approx 5 \text{ gün}$$

zarfında alır. Tropikal ve sinodal periyot arasındaki fark yaklaşık bir gündür ($103732,923-103732,02$). Konjünksiyonlar arasında 4 gün fark olduğuna göre boylamsal farkın nedeni ortaya çıkmış olur.

4. Jüpiter

Babil tabletlerinde Jüpiter için verilen uzun periyodun süresi 427 yıldır.

427 yıllık çevrim yaklaşık

$$365,2422 \times 427 = 155958,419 \text{ gün}$$

sürer. Gezegen bu süre zarfında 391 sinodal, 36 tropikal dönüş yapar.
36 tropikal periyot

$$4330,95 \times 36 = 155901,42 \text{ gün}$$

yapar. Bu sürede gezegenin aldığı yol

$$360^\circ \times 36 = 12960^\circ$$

kadardır. Buna göre kat ettiği günlük yol

$$\frac{12960^\circ}{155901,42} \approx 0,08^\circ \approx 5'$$

olur. 391 sinodal periyodun süresi

$$398,88 \times 391 = 155962,08 \text{ gün}$$

içerir. Sinodal çevrim başına alınan ortalama yol:

$$\frac{12960^\circ}{391} = 33,15^\circ / \text{çevrim}$$

sonucu elde edilir. 21 Eylül 1589'da meydana gelen konjünksiyonun konumu $178^\circ 16' 57''$, 26 Eylül 2016 tarihinde meydana gelenin ise $183^\circ 37' 6''$ dir. Boylam farkı $5^\circ 20' 9''$ dir. Gezegen günde ortalama $0,08^\circ$ yol aldığına göre bu farkı alacağı gün sayısı

$$\frac{5,341^\circ}{0,08^\circ} \approx 66 \text{ gün}$$

Tropikal ve sinodal periyot arasındaki fark,

Sinodal periyot	155962,08
Tropikal Periyot	155901,42
<i>Fark</i>	60,66

gündür. Ayrıca 1589 konjüksiyonu ile 2016 konjüksiyonu arasında 5 takvim günü fark vardır. Bu fark da ilave edilirse,

$$\begin{array}{r} 61 \\ 5 \\ \hline \text{Toplam} \quad 66 \end{array}$$

Böylece gün farkı elde edilmiş olur.

5. Satürn

Satürn 265 yıllık uzun periyotta 9 tropikal, 256 sinodal dönüş yapar. Bu durumda ilişkiler şöyle olur:

$$265 \text{ yıllık çevrimin süresi: } 365,2422 \times 265 = 96789,183 \text{ gün}$$

$$9 \text{ tropikal çevrim: } 10746,94 \times 9 = 96722,46 \text{ gün}$$

$$\text{alınan toplam açısal yol: } 360^\circ \times 9 = 3240^\circ$$

$$\text{Kat edilen günlük yol: } \frac{3240^\circ}{96722,46} \approx 0,0335^\circ / \text{gün}$$

$$256 \text{ sinodal çevrim: } 378,09 \times 256 = 96791,04 \text{ gün}$$

$$\text{Çevrim başına alınan yol: } \frac{3240^\circ}{256} \approx 12,66^\circ / \text{çevrim}$$

8 Aralık 1751 tarihindeki konjüksiyon $255^\circ 57' 58''$ boylamında, 10 Aralık 2016 da meydana gelen konjüksiyon ise $258^\circ 51' 30''$ boylamında meydana gelmiştir. Boylamsal fark $2^\circ 53' 32''$ dir. Satürn günde $0,0335^\circ$ yol aldığına göre bu yolu alacağı gün sayısı;

$$\frac{2,8922^\circ}{0,0335^\circ} \approx 86 \text{ gün}$$

olur. Tropikal ve sinodal periyot arasındaki fark,

$$\begin{array}{r} \text{Sinodal periyot} \quad 96791,04 \\ \text{Tropikal Periyot} \quad 96722,46 \\ \hline \text{Fark} \quad \quad \quad 68,58 \end{array}$$

gündür. Bu değere konjüksiyonlar arasındaki 2 günlük fark da eklenirse,

$$\begin{array}{r} 69 \\ 2 \\ \hline \text{Toplam} \quad 71 \end{array}$$

Bu durumda 265 yılda hata miktarı 15 gün (86-71) olmaktadır.

IV. HESAPLAMA SİSTEMLERİ

Hesaplama sistemlerine ait isimlerin büyük kısmı Neugebauer tarafından türetilmiştir. Neugebauer, Kugler'in eski notasyonunu modifiye ve sistematize etmiş daha önceleri bilinmeyen sistemlere yeni isimler türetmiştir. Ancak, Neugebauer tarafından yapılan isimlendirmenin bazı problemleri vardır. Bu problemlerin belki de en önemlisi yapılan isimlendirmenin iki hesaplama sistemi arasındaki farkı anlamaya izin vermemesidir (Ossendrijver, 2012). Bu problemin oluşturduğu sıkıntıları azaltmak için benzer sistemler Sistem A, Sistem B vb. şeklinde isimlendirilmiştir. Sistem A (ve varyasyonu olan Sistem A') ve Sistem B arasındaki temel fark sinodal yayın hesaplanmasında kullandıkları algoritmanın farklılığıdır: Sistem A ve Sistem A' hesaplama için basamak fonksiyonunu kullanırken, Sistem B lineer zigzag fonksiyonunu kullanmaktadır. Ay'a ait Sistem A ve Sistem B gezegen sistemlerine nazaran çok daha kompleksdir. Ay'a ait sistemlerde hesaplanan pek çok nicelik gezegen sistemlerinde hesaplanmaz Farklı hesaplama metotlarının geliştirilmesi ve bir arada kullanılması Babil matematiksel astronomisinin hala anlaşılammış yönlerinden bir tanesidir (Ossendrijver, 2012).

Yöntem metinlerinde genelde farklı hesaplama metotları arasındaki ayrım gözetilmeye çalışılmıştır. Bir yöntem metninde genelde bir tek sisteme ait yöntem verilmiştir, aksi durumlarda her sisteme ait yöntem gruplandırılmıştır.

Gezegenler için sadece iki ana parametre (konum ve zaman) hesaplanır. Gezegenler ayrıca ekliptiğe dik doğrultuda da hareket ederler (enlemsel hareket). Bu konudan birkaç yöntem metninde söz edilmekle beraber yapılan hesapların bulunduğu bir tablo henüz keşfedilememiştir.

Gezegenlerin sinodal fenomeni Ay'a nazaran daha fazladır. İki (üç) temel gezegen sistemi Sistem A (Sistem A') ve Sistem B dir. Bu çalışmada yalnızca Jüpiter için Sistem A, Sistem A' ve Sistem B parametreleri hesaplanacaktır.

Gezegen hesaplama sistemlerinde konum Zodyak boylamı anlamına gelir. Bu nedenle Zodyak takımyıldızlarını ve ekliptikel boylamlarını bilmek zorunludur. Tabletlerde kullanılan takımyıldızların Babilce adları bu bakımdan önemlidir. Bu bilgiler Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36. Zodyak takımyıldızlarının özellikleri

No	Sembol	Boylam	Türkçe Ad	Latince Ad	Yunanca Ad	Babilce Ad
1	♈	0°	Koç	Aries	Κριός (<i>Krios</i>)	ḫun, lu
2	♉	30°	Boğa	Taurus	Ταῦρος (<i>Tavros</i>)	múl
3	♊	60°	İkizler	Gemini	Δίδυμοι (<i>Didymoi</i>)	maš-maš, maš
4	♋	90°	Yengeç	Cancer	Καρκίνος (<i>Karkinos</i>)	kušú
5	♌	120°	Aslan	Leo	Λέων (<i>Leōn</i>)	a
6	♍	150°	Başak	Virgo	Παρθένος (<i>Partheno</i>)	absin, absino
7	♎	180°	Terazi	Libra	Ζυγός (<i>Zygos</i>)	rín
8	♏	210°	Akrep	Scorpius	Σκορπιός (<i>Skorpios</i>)	gír-tab, gír
9	♐	240°	Yay	Sagittarius	Τοξότης (<i>Toxotēs</i>)	pa
10	♑	270°	Oğlak	Capricorn	Αιγόκερος (<i>Aigokerōs</i>)	máš
11	♒	300°	Kova	Aquarius	Υδροχόος (<i>Hydrokhoos</i>)	gu
12	♓	330°	Balık	Pisces	Ἰχθύες (<i>Ikthyes</i>)	zib-me, zib

Aşağıdaki tabloda (Tablo 37) hesaplama sistemlerinde kullanılan kamerî ayların dönemleri ile Babilce ve Eski Babilce adları verilmiştir. Tabletlerde kamerî ayların Eski Babilce adları kullanılmıştır.

Tablo 37. Kamerî ayların dönemleri ile Babilce ve Eski Babilce adları

No	Dönem	Babilce Ad	Eski Babilce Ad
I	Mart - Nisan	Nisannu	bar
II	Nisan - Mayıs	Aiaru	gu ₄
III	Mayıs - Haziran	Simānu	sig
IV	Haziran - Temmuz	Dūzu	šu
V	Temmuz - Ağustos	Ābu	izi
VI	Ağustos - Eylül	Ulūlu	kin
VI ₂		Ulūlu II	kin·2-kam, kin·a, kin
VII	Eylül - Ekim	Tašritu	du ₆
VIII	Ekim - Kasım	Arašsamna	apin
IX	Kasım - Aralık	Kislīmu	gan
X	Aralık - Ocak	Ṭebētu	ab
XI	Ocak - Şubat	Šabaṭu	zíz
XII	Şubat - Mart	Adaru	še
XII ₂		Adaru II	dir·še, dirig, a

Belli başlı gök cisimlerinin Babilce adları Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. Belli başlı gök cisimlerinin Babilce adları

Gökcisminin adı	Babilce Ad
Güneş	^d šamaš, šamáš
Ay	^d sin, sin
Merkür	gu ₄ -utu
Venüs	dili-pát
Mars	^d šal-bat-ani, an
Jüpiter	múl-babbar
Satürn	genna

A. Sistem A

Babil tabletlerinde ağırlıklı olarak Jüpiter'e ait hesaplar yer alır. Bunun nedeni Jüpiter'in tanrı Marduk ile ilişkilendirilmesidir. Babilliler gezegenlerin bulunacağı konumu önceden kestirebilmek için çeşitli yöntemler kullanmışlardır. Bunlara modern dönemde Sistem adı verilir. Bu sistemlerden biri Sistem A dır. Bu sistemde Zodyak yavaş ve hızlı yay adı verilen iki bölgeye ayrılır.

Tablo 39. ACT 606 numaralı tabletin çözümlemesi

	I	II	III		IV		
1	1,13**	48;5,10	gan	12;19,50	múl-babbar	17;24	máš
	1,14	48;5,10	ab	30;25	múl-babbar	23;24	gu
	1,15*	48;5,10	še	18;30,10		29;24	zib
	1,17	48;5,10	bar	6;35,20		5;24	múl
5	1,18*	48;5,10	gu ₄	24;40,30		11;24	máš
	1,19	44;21,10	sig	9;1,40		13;40	kušú
	1,20	42;5,10	šu	21;6,50		13;40	a
	1,21*	42;5,10	kin	3;12		13;40	absin
	1,22	42;5,10	kin	15;17,10		13;40	rín
10	1,23*	42;5,10	du ₆	27;22,20		13;40	gír-tab
	1,24	44;49,10	apin	12;11,30		16;24	pa
	1,25	48;5,10	gan	30;16,40		22;24	máš
	1,26*	48;5,10	zíz	18;21,50		28;24	gu
	1,27	48;5,10	še	6;27		4;24	hun
15	1,29*	48;5,10	bar	24;32,10		10;24	múl
	1,30	48;5,10	gu ₄	12;37,20		16;24	máš
	1,31	43;31,10	sig	26;8,30		17;50	kušú
	1,32**	42;5,10	izi	8;13,40		17;50	a
	1,33	42;5,10	izi	20;18,50		17;50	absin
20	1,34*	42;5,10	du ₆	2;24		17;50	rín

Tablo 39'da Jüpiter'e ait bir gözlem tabletinin çözümlemesi verilmiştir. Bu tablet ACT'de 606 numara olarak kayıtlıdır. Tablet, dört sütundan oluşmaktadır. İlk sütunda yıllar gösterilmiştir. Yılların bazılarının yanında (*) ve (**) işaretleri bulunmaktadır. (*) işareti XII₂ (dir-še, dirig, a) ayının eklendiği yılı, (**) ise VI₂ (kin-2-kam, kin-a, kin) ayının eklendiği yılı göstermektedir. Tabletten hangi fenomene ait olduğu kayıtlı değildir. II. sütunda Jüpiter'in iki fenomen arasında kat ettiği boylamsal yol görülmektedir. III. sütunda

fenomenin meydana geldiği ay ve tithi kaydedilmiştir. IV. sütunda aynı fenomenin meydana geldiği takımyıldızın adı ve boylamı yer almaktadır.

I. sütun ilk satırda gözlem yılı olarak 1,13** verilmiştir. Buna göre bu gözlem 1,13 yani 73 yılında yapılmıştır. (**) ise 1,13 yılına 13. bir ay ilave edildiğini ve bu ayın VI₂ (kin-2-kam, kin-a, kin) olduğunu göstermektedir. II. sütun Jüpiter'in 360° ve ilave olarak 48;5,10 derece yol aldığını gösterir. III. sütunda fenomenin gan yani Aralık ayında 12;19,50 tithide meydana geldiği yazılıdır. Bu sütunda ayrıca Jüpiterin Babilce ismi olan mül-babbar kayıtlıdır. Son sütunda ise fenomenin mās yani İkizler takımyıldızının 17;24 derece boylamında meydana geldiği belirtilmiştir. Numaralandırılmamış sütun çalışma kolaylığı sağlaması için Neugebauer tarafından ilave edilmiştir.

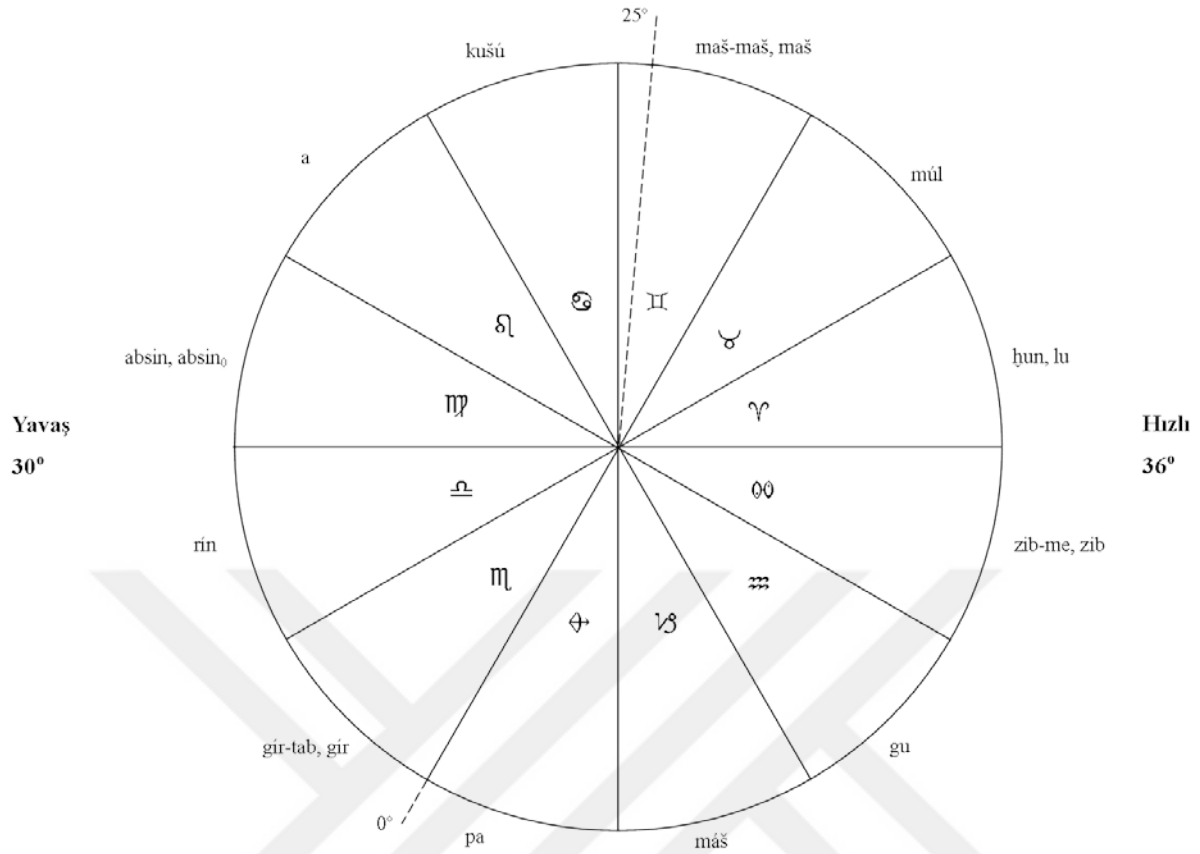
1. Sistem A ya ait parametrelerin elde edilmesi

a. Konumların hesaplanması

Jüpiter gan 12;19,50 tarihinden sonra tam bir tur atıp ilave olarak 48;5,10 derece yol almıştır. Bu durumda,

$$\begin{array}{r} \text{gan } 12; 19,50 \\ + \quad 48; 05,10 \\ \hline \text{ziz } 60; 25,00 \end{array}$$

olur. Ancak 1,13 yılı 13. bir ay içerdiği için (VI₂), tarih bir ay geriye gelir ve Jüpiter ab 30;25'te bulunur. Bu değer ikinci satır III. sütunda verilmiştir.



Şekil 13. Zodyağın Sistem A ya göre bölünmesi

Daha önce de ifade edildiği gibi Babilliler, Zodyağı her biri 30 olan ve o bölgede bulunan takımyıldız ile adlandırılan 12 bölgeye ayırmış, yavaş ve hızlı yaylar şeklinde bölmüşlerdir. Bu bölümlenme Şekil 13'te gösterilmiştir. maš-maš, maš (İkizler) takımyıldızının 25'inci derecesi ile pa (Yay) takımyıldızının 0'inci derecesi arası yavaş, pa (Yay) takımyıldızının 0'inci derecesi ile maš-maš, maš (İkizler) takımyıldızının 25'inci derecesi arası hızlı yay olarak kabul edilmiştir. Jüpiter yavaş yayda ay başına 30 yol alırken hızlı yayda 36 yol almaktadır.

IV. sütun ilk satıra göre Jüpiter 1,13 yılında (máš) (Oğlak) takımyıldızı 17;24 derecede bulunmaktadır. máš takımyıldızı Şekil 13'te de görülebileceği gibi hızlı yayda yer almaktadır. Jüpiter hızlı yayda ayda 36 yol aldığına göre,

$$\begin{array}{r}
 \text{máš } 17;24 \\
 + \quad 36;00 \\
 \hline
 \text{gu } 23;24
 \end{array}$$

olur. Bu değer, satır 2 sütun IV'te verilmiştir.

Jüpiter 5. satıra (1,18) kadar aylık 36 yol almaya devam eder. Ancak 5. satırda hızlı yaydan yavaş yaya geçmektedir. 1,18 yılında Jüpiter'in Zodyak konumu

maş 11;24 tür. Eğer hareket hızlı yayda devam etmiş olsaydı gezegenin bir sonraki çevrimde

$$\begin{array}{r} \text{maş} \quad 11;24 \\ + \quad 36;00 \\ \hline \text{kuřú} \quad 17;24 \end{array}$$

konumunda olması gerekirdi. Ancak gezegen maş 25;00 dan itibaren yavaş yaya geğtiğinden alacağı mesafe bu değerden daha azdır. Gezegenin kat ettiği yolu bulmak için hızlı yaydan yavaş yaya geğişe ait katsayının bulunması gerekir.

c_1 ; Hızlı yaydan yavaş yaya geğiş katsayısı,

α_h ; Ay başına hızlı yayda alınan yol,

α_y ; Ay başına yavaş yayda alınan yol

olmak üzere,

$$c_1 = \frac{\alpha_y - \alpha_h}{\alpha_h}$$

yazılabilir. $\alpha_h = 36^\circ$ ve $\alpha_y = 30^\circ$ olduğundan c_1 katsayısı,

$$c_1 = \frac{30 - 36}{36} = -0;10$$

olur. Jüpiter maş 25;00 ile kuřú 17;24 arasındaki yolu yavaş yayda almıştır. Toplamda,

$$\begin{array}{r} \text{maş} \quad 25;00 \\ \text{kuřú} \quad 17;24 \\ \hline \text{Toplam yol} \quad 22;24 \end{array}$$

kadar yolu yavaş yayda almış olur. Bu değer c_1 katsayısı ile çarpılırsa;

$$22;24 \times c_1 = 22;24 \times -0;10 = -3;44$$

bulunur. Buna göre gezegen yukarıda hesaplanandan 3;44 derece daha az yol almıştır. Bu değer ilk değerden çıkartılırsa,

$$22;24 - 3;44 = 18;40$$

elde edilir. Bu değer Jüpiter'in yavaş yayda kat ettiği gerçek mesafedir. Bu mesafenin 5;00 derecesi maş takımyıldızında geçtiğinden (maş 30;00 - maş 25;00 = 5;00) kuşu takımyıldızında aldığı yol 13;40 derece olur. Bu değer satır 6 sütun IV'te verilmiştir.

Jüpiter 10. satıra yani 1,23 yılına kadar yavaş yayda yol alır. 1,23 yılında gır-tab (Akrep) takımyıldızı 13;40 derece boylamında bulunur. Bir sonraki fenomende bulunması gereken konum;

$$\begin{array}{r} \text{gır} - \text{tab} \ 13;40 \\ + \quad \quad \quad 30;00 \\ \hline \text{pa} \quad \quad \quad 13;40 \end{array}$$

olur. Ancak gezegen Şekil 13'ten de anlaşılacağı gibi pa (Yay) takımyıldızı 0'ıncı dereceden itibaren hızlı yaya geçer ve daha fazla yol almaya başlar. Bu nedenle alacağı yol yukarıda hesaplanandan fazladır. Gezegenin aldığı yolu bulmak için öncekine benzer şekilde yavaş yaydan hızlı yaya geçişe ait katsayının bulunması gerekir.

c_2 ; Hızlı yaydan yavaş yaya geçiş katsayısı,

α_h ; Ay başına hızlı yayda alınan yol,

α_y ; Ay başına yavaş yayda alınan yol

olmak üzere,

$$c_2 = \frac{\alpha_h - \alpha_y}{\alpha_y}$$

yazılabilir. $\alpha_h = 36^\circ$ ve $\alpha_y = 30^\circ$ olduğundan c_2 katsayısı,

$$c_2 = \frac{36 - 30}{30} = 0;12$$

olur. Bu değer seksagesimal sistemde 0;12 ye karşılık gelir. Jüpiter gır-tab 13;40 ile pa 00;00 arasını yavaş yayda, pa 00;00 ile pa 13;40 arasını hızlı yayda almıştır. Yavaş yayda aldığı yol 16;20 derece, hızlı yayda aldığı yol ise 13;40 derecedir. Ancak hızlı yay üzerinde aldığı yol üzerinde düzeltme yapılması gerekmektedir. Hızlı yayda aldığı yol c_2 katsayısı ile çarpılırsa;

$$13;40 \times c_2 = 13;40 \times 0;12 = 02;44$$

elde edilir. Bu değer gezegenin hızlı yay üzerinde fazladan aldığı yoldur. Buna göre Jüpiter'in bulunduğu gerçek konum;

$$\begin{array}{r} \text{pa } 13;40 \\ + \quad 02;44 \\ \hline \text{pa } 16;24 \end{array}$$

olur. Bu değer, satır 11 sütun IV'te verilmiştir.

Tabletlerde gezegenin boylam düzeltmeleri hızlı yaydan yavaş yaya geçişte maş - kuşu aralığında, yavaş yaydan hızlı yaya geçişte ise gir-tab - pa aralığında yapılmaktadır. Diğer takımyıldızlarda düzeltme yapılmaz.

b. Tarihlerin hesaplanması

Tabletlerdeki tarihlerin belirlenebilmesi için üç parametreye ihtiyaç duyulur; ge ortalama sinodal yay, artık gün sayısı ve Ortalama Güneş'in hızı.

i. Ortalama sinodal yay:

Babillilerin büyük gezegen-periyot ilişkileri esasında gezegenlerin tropikal ve sinodal periyotları arasındaki tam sayı oranlardır. Mesela Jüpiter için büyük periyot 427 yıldır. Gezegen bu süre içinde 391 sinodal, 36 tropikal çevrim yapar.

$$391 \text{ sinodal çevrim} = 36 \text{ sideral çevrim}$$

Her bir tropikal çevrim 360° olduğuna göre ve $\bar{\alpha}$ ortalama sinodal yay olmak üzere

$$\bar{\alpha} = \frac{36}{391} \times 360^\circ = 33;8,44,48,29 \cong 33;8,45$$

yazılabilir. Bu değer Jüpiter için daha önce gezegen-periyot ilişkisinde hesaplanan ortalama sinodal yay uzunluğu olan $33,15^\circ$ ile aynıdır.

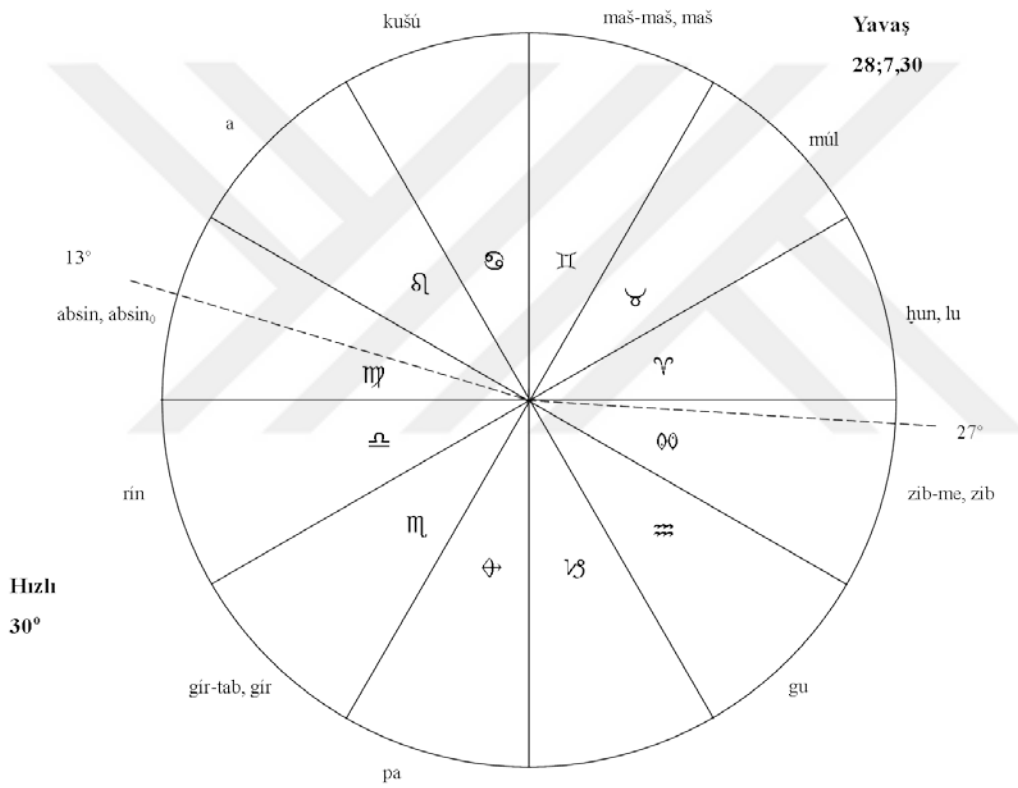
ii. Artık gün sayısı:

Daha önce de ifade edildiği gibi Babilliler Ay-Güneş takvimi kullanmaktaydılar. Ay takvimi ile Güneş'in gök küresi üzerinde aynı noktadan art arda iki geçişi arasındaki süreyi ifade eden Güneş takvimi arasında bir süre farkı vardır. Bu

farka, “artık gün” denir. Güneş takvimine ihtiyaç duyulmasının sebebi, gezegen fenomenlerinin Güneş ile ilişkili olmasıdır.

Babilliler bilimsel hesaplarda takvim günü yerine tithi kullanmışlardır. Çünkü Ay’ın sinodal periyodu 29,5306 gün olduğundan bazı aylar 29, bazı aylar 30 gün sürer. Babilliler bu sorunu aşmak için tithi adı verilen ve bir ayın 1/30’una karşılık gelen teorik bir gün kullanmışlardır. Tithi bir günden bir miktar kısadır.

Sistem A için Güneş ile ilgili hesaplar Ay’a ait Sistem A vasıtasıyla yapılır. Ay’a ait Sistem A ya göre Güneş, yıl içinde biri hızlı diğeri yavaş olmak üzere iki yay üzerinde hareket eder.



Şekil 14. Zodyağın Ay’a ait Sistem A ya göre bölümlenmesi

Şekil 14’te görüldüğü gibi hızlı yay absin, absin₀ (Başak) 13. dereceden başlar ve zib-me, zib (Balık) 27. dereceye kadar devam eder. Benzer şekilde yavaş yay zib-me, zib (Balık) 27. dereceden başlar, absin, absin₀ (Başak) 13. derecede sona erer. Güneş’in hızlı yaydaki aylık hızı 30 , yavaş yaydaki aylık hızı ise 28;7,30 derecedir. Hızlı yayın toplam uzunluğu 194 , yavaş yayın toplam uzunluğu ise 166 dir.

Güneş’in hızlı yayı kat etmesi,

$$\frac{194}{30} = 6; 28 \text{ ay}$$

Yavaş yayı kat etmesi ise,

$$\frac{166}{28; 7,30} = 5; 54,8 \text{ ay}$$

sürer. Böylece Sistem A ya göre 1 Güneş yılı;

$$6,28 + 5; 54,8 = 12; 22,8 \text{ kamerî ay}$$

yapar. Bir Ay yılı 12 ay olduğuna göre A artık gün sayısını göstermek üzere,

$$\begin{aligned} A &= 1 \text{ Güneş yılı} - 1 \text{ Ay yılı} \\ &= 12; 22,8 - 12 \\ &= 0; 22,8 \text{ ay} \end{aligned}$$

olur. Bu değer tithi cinsinden ifade edilecek olursa;

$$\begin{aligned} A &= 30 \times 0; 22,8 \\ &= \frac{60}{2} (0; 22,8) \\ &= \frac{1}{2} (22; 8) \\ &= 11; 4 \text{ tithi} \end{aligned}$$

iii. Ortalama güneş'in hızı:

Güneş dolayısıyla Ortalama Güneş 1 yılda 360 kat eder. 1 yıl 12 ay olduğuna ve her ay 30 tithi içerdiğine göre 1 Güneş yılında toplam 360+11;4 tithi vardır.

Bu durumda Ortalama Güneş'in hızı (κ);

$$\kappa = \frac{360}{360 + 11; 4}$$

eşitliği elde edilir. Gezegene ait fenomenin gerçekleşebilmesi için Güneş-gezegen elongasyonunun belirli değerde olması gerekir. Jüpiter bir dış gezegen olduğundan bir sinodal çevrimi sırasında Güneş tam bir tura ilave olarak gezegenin sinodal yayı kadar yol alır. Gezegenin bir sinodal çevrim boyunca aldığı yola α denirse Güneş'in alması gereken yol $360 + \alpha$ olur. Jüpiter için α nın değeri 30 den küçük 36 den büyük olamaz. Güneş $360 + \alpha$ yolunu T zamanında almış olsun.

$$Yol = Hız \times Zaman$$

olduğuna göre

$$Zaman = \frac{Yol}{Hız}$$

yazılabilir. Güneş'in aldığı yol $360 + \alpha$ ve hızı da κ olduğuna göre formül,

$$T = \frac{360 + \alpha}{\kappa}$$

şeklini alır. κ nın değeri yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned} T &= \frac{(360 + \alpha)(360 + 11;4)}{360} \\ &= \left(1 + \frac{\alpha}{360}\right)(360 + 11;4) \\ &= 360 + 11;4 + \alpha + \alpha \frac{11;4}{360} \end{aligned}$$

olur. En sağdaki ifade diğerlerine nazaran küçüktür. Bu ifade de bir yaklaşım olarak ortalama sinodal yay değerinin ($\bar{\alpha}$) kullanılması yanlış olmaz.

$$\alpha \frac{11;4}{360} \cong \bar{\alpha} \frac{11;4}{360}$$

Jüpiter için ortalama sinodal yay $33;8,45$ olduğundan ifade,

$$33;8,45 \frac{11;4}{360}$$

şeklını alır. Bu ifadenin değeri,

$$33;8,45 \frac{11;4}{360} = 1;1,8 \text{ tithi}$$

olur. Ancak bu değeri Babililer tarafından 1;1,10 şeklinde yuvarlanarak kullanılmıştır. Her ayda 30 tithi olduğuna göre 1 yıl $12 \times 30 = 360$ tithi içerir. Güneş 1 yılda 360 yol kat ettiğinden tithi başına $360 / 360 = 1$ yol kat eder. Bu durumda yukarıdaki ifadede 360 yerine 12 ay yazılabilir. Dikkat edilmesi gereken nokta, bu ayın kamerî ay değeri sabit uzunluğa sahip tithi ayı olduğudur. Bu durumda ifade

$$360 + 11;4 + \alpha + \alpha \frac{11;4}{360} = 12^m + (11;4 + 1;1,10 + \alpha)^t = 12^m + (12;5,10 + \alpha)^t$$

şekline dönüşür. Burada m tithi ayını, t tithi'yi temsil etmektedir. Denklemden artık tek bilinmeyen olarak sinodal yayın uzunluğu kalır. Jüpiter yavaş yayda hareket ederken $\alpha=30$ değerini alır. Bu durumda sonuç,

$$\Delta T = 12^m + (12;5,10 + 30)^t = 12^m + (42;5,10)^t$$

olur. Bu değeri yavaş yaylar için sütun II'de verilen değeriştir.

Jüpiter hızlı yaylarda hareket ederken $\alpha=36$ değerini alır. Bu durumda sonuç,

$$\Delta T = 12^m + (12;5,10 + 36)^t = 12^m + (48;5,10)^t$$

olur. Bu sonuç tabletlerde hızlı yaylar için verilen değeriştir.

Hızlı yaydan yavaş yay veya yavaş yaydan hızlı yay geçerken sinodal yay (α) kat edilen yol olarak alınır. Tablo 39'da satır 10, sütun IV ve satır 11, sütun IV'te sırasıyla gır-tab 13;40 ve pa 16;24 değerleri bulunmaktadır. Jüpiter bu aralıkta yavaş yaydan hızlı yay geçmektedir. Bu iki değeri birbirinden çıkarılırsa,

gır – tab	13;40
pa	16;24
<u>Alınan yol</u>	<u>32;44</u>

elde edilir. Bu değer denklemde yerine konulursa,

$$T = 12^m + (12; 5,10 + 32; 44)^t = 12^m + (44; 49,10)^t$$

sonucuna ulaşılır. 44;49,10 değeri, Tablo 39, satır 11, sütün II'de bulunan değerdir.

Benzer şekilde satır 16, sütün IV ve satır 17, sütün IV incelendiğinde Jüpiter'in hızlı yaydan yavaş yaya geğtiği görülebilir. Bu iki satırın değerleri sırasıyla maş 16;24 ve kuşu 17,50 dir. Aradaki fark,

maş	16; 24
kuşu	17; 50
<i>Alınan yol</i>	31; 26

kadardır. Bu değer denklemde yerine konulursa,

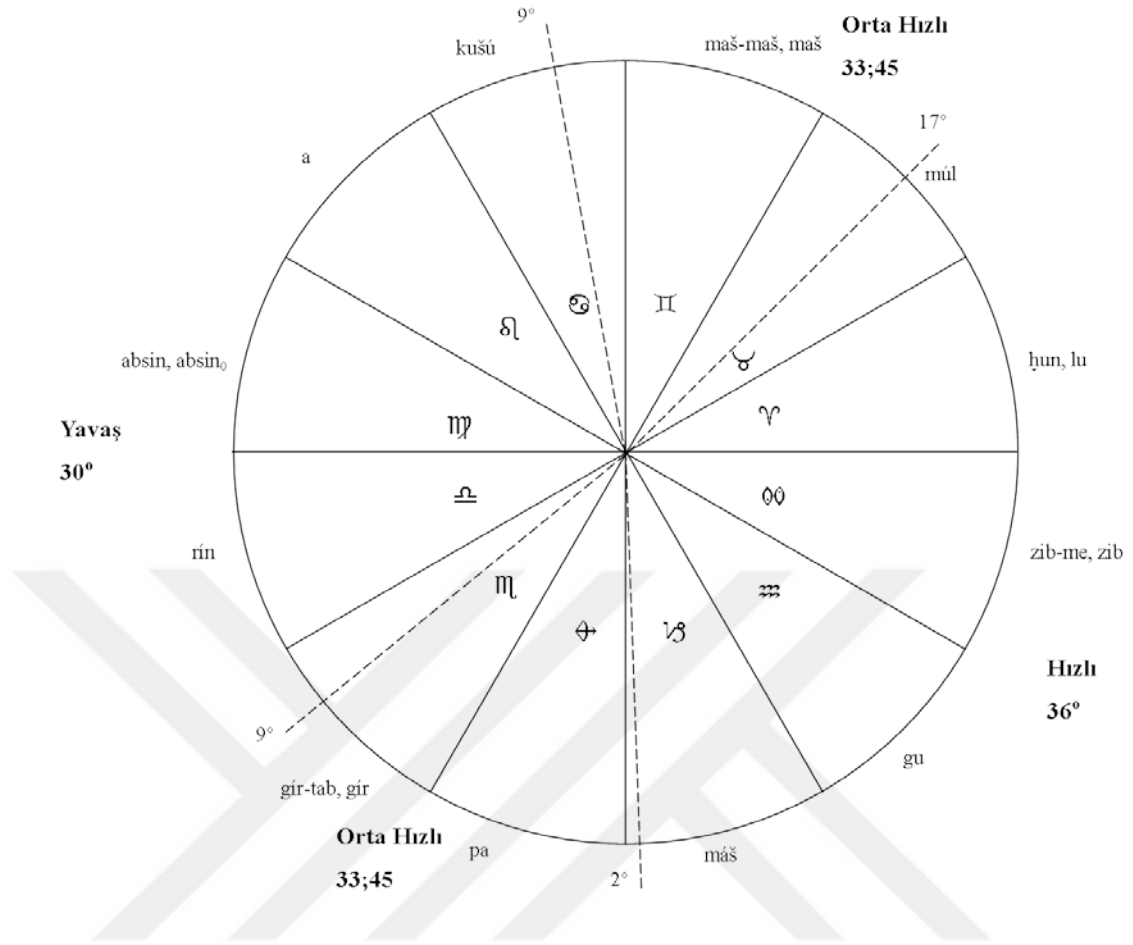
$$T = 12^m + (12; 5,10 + 31; 26)^t = 12^m + (43; 31,10)^t$$

elde edilir. Bu sonuç satır 17, sütün II'de verilen değer ile aynıdır.

B. Sistem A'

Sistem A', Sistem A'nın değişik bir versiyonudur. Bu sistemde Zodyak 4 bölüme ayrılır. Her bölümün hızı kendi içinde sabittir. şekil 15'te Zodyağın bölümlenmesi gösterilmiştir. maş 2° ile mül 17° arası hızlı yay, mül 17 ile kuşu 9 arası orta hızlı yay, kuşu 9 ile gır-tab 9 arası yavaş yay ve son olarak gır-tab 9 ile maş 2 arası orta hızlı yay olarak belirlenmiştir. Jüpiter hızlı yayda 36, orta hızlı yaylarda 33;45 ve yavaş yayda 30 derece hızla hareket eder. Yayların konumu, uzunluğu ve hızları Tablo 40'ta verilmiştir.

Tablo 41'de ACT'de 611 numara ile kayıtlı tabletin ilk 20 satırı verilmiştir. Tablet dört sütundan oluşmaktadır. İlk sütünun sol tarafı Selökidler dönemine ait yıl ile başlamaktadır. Tablet başladığı yıl 3,0 yani 180 dir. Aynı sütünun orta kısmında fenomenin meydana geldiği ay ve sağ tarafında tithi değeri bulunur. II. Sütünun sol tarafında fenomenin meydana geldiği ekliptikel boylam, orta kısmında takımyıldızın adı, sağ kısmında ise fenomenin adı yer almaktadır. Sağ taraftaki 'igi' ifadesi Helyak doğuş anlamına gelir.



Şekil 15. Zodyağın Sistem A' ye göre bölümlenmesi

Buna göre ilk iki sütun Jüpiter'in Helyak doğuşuna ilişkin gözlem kayıtlarını içermektedir. III. ve IV. sütunlardaki alanların anlamları önceki sütunlarla aynıdır. IV. sütunun en sağında, ilk durağı temsil eden 'uš' ifadesi bulunmaktadır. III. ve IV. sütunlarda ilk durak ile ilgili kayıtlar yer almaktadır.

Tablo 40. Sistem A' ye ait yayların konumu, uzunluğu ve hızları

Yayın			
Adı	Konumu	Hızı	Uzunluğu
Hızlı	máš 2°- mül 17°	36	135°
Orta Hızlı	mül 17°- kuşu 9°	33;45	52°
Yavaş	kuşu 9°- gir-tab 9°	30	120°
Orta Hızlı	gir-tab 9°- máš 2°	33;45	53°

Tablette belirtilmemesine rağmen 3,0, 3,3, 3,6, 3,11 3,14, 3,17, 3,19 yıllarına XII₂ (dir-še, dirig, a) ayı, 3,9 yılına VI₂ (kin-2-kam, kin-a, kin) ayı eklenmiştir. Numaralandırılmamış sütun, kolaylık amacıyla Neugebauer tarafından eklenmiştir.

Tablo 41. ACT 611 numaralı tabletin çözümlemesi

	I			II			III			IV		
1	3,0	kin	13	10	absin	igi	3,0	ab	16	26:15	absin	uş
	3,1	kin	25	10	rín	igi	3,1	ab	28	26:15	rín	uş
	3,2	apin	7	10:7,30	gír-tab	igi	3,2	ře	13	28:24,22,30	gír-tab	uş
	3,3	gan	22	13:52,30	pa	igi	3,3	dirig	29	2:10	máš	uş
5	3,4	ab	9	18:40	máš	igi	3,4	gu ₄	17	8:10	gu	uş
	3,5	zíz	27	24:40	gu	igi	3,5	şu	5	14:10	zib-me	uş
	3,6	dirig	15	.:40	hun	igi	3,6	şu	23	20:10	hun	uş
	3,8	gu ₄	3	6:40	múl	igi	3,8	kin	10	25:35,37,30	múl	uş
	3,9	sig	20	11:3,45	maş	igi	3,9	kin-2-kam	26	29:20,37,30	maş	uş
10	3,10	şu	5	14:10	kuřú	igi	3,10	apin	9	.:25	a	uş
	3,11	izi	17	14:10	a	igi	3,11	gan	21	.:25	absin	uş
	3,12	izi	29	14:10	absin	igi	3,12	ab	3	.:25	rín	uş
	3,13	du ₆	11	14:10	rín	igi	3,13	zíz	16	.:25	gír-tab	uş
	3,14	apin	24	14:48,45	gír-tab	igi	3,14	dirig	1	3:5,37,30	pa	uş
15	3,15	gan	10	18:33,45	pa	igi	3,16	bar	17	7:10	máš	uş
	3,16	ab	27	23:40	máš	igi	3,17	sig	5	13:10	gu	uş
	3,17	ře	15	29:40	gu	igi	3,18	sig	23	19:10	zib-me	uş
	3,19	bar	3	5:40	hun	igi	3,19	izi	11	25:10	hun	uş
	3,20	bar	21	11:40	múl	igi	3,20	izi	28	.:16,52,30	maş	uş
20	3,21	sig	7	15:45	maş	igi	3,21	du ₆	14	4:1,52,30	kuřú	uş

Sütun I'de yer alan tarihler arasındaki farklar Tablo 42'de verilmiştir. En küçük fark 13^m+12^t , en büyük fark 13^m+18^t dir. Sinodal çevrim aynı iki pozisyon arasındaki fark olduğundan bu farklar aynı zamanda sinodal çevrimin uzunluğunu da göstermektedir. Buna göre sinodal çevrim 402^t ile 408^t arasında değişmekle beraber ortalaması 405^t dir.

$$1^t = 0; 59,3,40^d \cong 0,984 \text{ gün}$$

$$402^t \times 0,984 \text{ gün} \cong 395,7094 \text{ gün}$$

$$408^t \times 0,984 \text{ gün} \cong 401,6155 \text{ gün}$$

Ortalama değer 405^t olduğundan sinodal çevrim ortalama olarak,

$$405^t \times 0,984 \text{ gün} \cong 398,6625 \text{ gün}$$

sürer. Tablo 35'ten de görülebileceği gibi Jüpiter'in sinodal çevriminin modern değeri 398,88 gündür. Ortalama Babil değeri olan 398,6625 gün modern değer ile büyük uyum içerisindedir.

Tablo 42. ACT 611 sütun I'de yer alan tarihlere ait farklar

Tarih (ay ve tithi)	Fark
ab 16	13^{m+12^t}
ab 28	13^{m+12^t}
še 13	13^{m+15^t}
dirig 29	13^{m+17^t}
gu ₄ 17	13^{m+18^t}
šu 5	13^{m+18^t}
šu 23	13^{m+18^t}
kin 10	13^{m+17^t}
kin-2-kam 26	13^{m+15^t}
apin 9	13^{m+12^t}
gan 21	13^{m+12^t}
ab 3	13^{m+12^t}
zíz 16	13^{m+13^t}
dirig 1	13^{m+16^t}
bar 17	13^{m+17^t}
sig 5	13^{m+18^t}
sig 23	13^{m+18^t}
izi 11	13^{m+18^t}
izi 28	13^{m+18^t}
du ₆ 14	13^{m+16^t}

Sütun III'te yer alan tarihler arasındaki farklar sütun I'de bulunan farklar ile uyum içerisindedir. Sütun III için elde edilen farklar Tablo 43'te verilmiştir. Tabloda da görülebileceği gibi farklar 13^{m+12^t} ile 13^{m+18^t} arasında değişmektedir. Bu farklar ile elde edilecek sinodal çevrim uzunluğu sütun I'den elde edilen çevrim uzunluğu ile aynıdır.

Tablo 43. ACT 611 sütün III'te yer alan tarihlere ait farklar

Tarih (ay ve tithi)	Fark
kin 13	13^m+12^t
kin 25	13^m+15^t
apin 7	13^m+16^t
gan 22	13^m+18^t
ab 9	13^m+18^t
zíz 27	13^m+18^t
dirig 15	13^m+17^t
gu ₄ 3	13^m+16^t
sig 20	13^m+13^t
šu 5	13^m+12^t
izi 17	13^m+12^t
izi 29	13^m+13^t
du ₆ 11	13^m+15^t
apin 24	13^m+16^t
gan 10	13^m+18^t
ab 27	13^m+18^t
še 15	13^m+18^t
bar 3	13^m+17^t
bar 21	13^m+16^t
sig 7	13^m+16^t

Sütün I ve sütün III sinodal çevrimin farklı iki safhasını göstermektedir. Sütün I, Şekil 5'te 2 numaralı konuma, sütün IV ise 4 numaralı konuma karşılık gelir. Çevrimde önce sütün I'de yer alan fenomen, daha sonra sütün III'te yer alan fenomen meydana gelmektedir. İki fenomen arasındaki fark, ortalama 125^t kadardır. Bu değer,

$$125^t \times 0,984 \text{ gün} \cong 123 \text{ gün}$$

olarak çevrilebilir. İki fenomen arasındaki modern fark da 123 gündür.

1. Sistem A' ye ait parametrelerin elde edilmesi

a. Konumların hesaplanması

Sistem A' için mümkün olan yay geçişleri şunlardır:

1. Orta hızlı - Yavaş
2. Yavaş - Orta hızlı
3. Orta hızlı - Hızlı
4. Hızlı - Orta hızlı

α_h ; Ay başına hızlı yayda alınan yol,

α_o ; Ay başına orta hızlı yayda alınan yol,

α_y ; Ay başına yavaş yayda alınan yol

c_1 ; Orta Hızlı yaydan Yavaş yaya geçiş katsayısı,

c_2 ; Yavaş yaydan Orta Hızlı yaya geçiş katsayısı,

c_3 ; Orta Hızlı yaydan Hızlı yaya geçiş katsayısı,

c_4 ; Hızlı yaydan Orta Hızlı yaya geçiş katsayısı,

olmak üzere,

$$c_1 = \frac{\alpha_y - \alpha_o}{\alpha_o}$$

$$c_2 = \frac{\alpha_o - \alpha_y}{\alpha_y}$$

$$c_3 = \frac{\alpha_h - \alpha_o}{\alpha_h}$$

$$c_4 = \frac{\alpha_o - \alpha_h}{\alpha_h}$$

yazılabilir. $\alpha_h = 36^\circ$, $\alpha_y = 33;45$ ve $\alpha_o = 30^\circ$ olduğundan katsayılar,

$$c_1 = \frac{30 - 33;45}{33;45} = -0;6,40$$

$$c_2 = \frac{33;45 - 30}{30} = 0;7,30$$

$$c_3 = \frac{36 - 33;45}{33;45} = 0;4$$

$$c_4 = \frac{33;45 - 36}{36} = -0;3,45$$

şeklinde elde edilir. Bu durumda,

Orta hızlı – Yavaş yay geçişinde kuşu 9° den sonraki uzunluk -0;6,40

Yavaş - Orta hızlı yay geçişinde gır-tab 9° den sonraki uzunluk 0;7,30

Orta hızlı – Hızlı yay geçişinde máš 2° den sonraki uzunluk 0;4

Hızlı - Orta hızlı yay geçişinde múl 17° den sonraki uzunluk -0;3,45

katsayıları ile çarpılır. Yaylar arası geçiş olmadığında boylamda herhangi bir düzeltme yapılmaz.

Tablo 41 sütun II satır 1'e göre Jüpiter absin 10°de bulunmaktadır. Bu takımyıldız yavaş yayda yer alır. Yavaş yayın hızı 30° olduğundan gezegen bir sonraki satırda,

absin	10;00
+	30;00
rín	10;00

konumunda olmalıdır. rín yavaş yayda yer aldığından boylamda düzeltme yapılmaz. Bu değer sütun II satır 2'de verilmiştir. Gezegen yavaş yayda bulunduğundan bir sonraki aşamada yine 30° yol alacak ve,

rín	10;00
+	30;00
gır – tab	10;00

konumuna gelecektir. Ancak yavaş yay gır-tab 9° de sona erip bu boylamdan itibaren orta hızlı yay başladığından boylamda düzeltme yapmak gerekir. Jüpiter'in orta hızlı yayda aldığı yol,

gır – tab	10;00
gır – tab	09;00
	01;00

olur. Bu değer yavaş - orta hızlı yay geçişine ait katsayı olan 0;07,30 ile çarpılır ve ilk değer ile toplanırsa gerçek konum elde edilmiş olur.

$$1 \times 0;7,30 = 0;7,30$$

gír – tab	10; 00
+	0; 7,30
gír – tab	10; 7,30

Düzeltilmiş sonucu elde edilir. Bu sonuç sütun II satır 3'te verilmiştir.

Jüpiter orta hızlı yayda hareketine devam eder. Orta hızlı yayın hızı 33;45 olduğundan bir sonraki konum,

gír – tab	10; 7,30
+	33; 45
pa	13; 52,30

olur. Bu değer sütun II satır 4'te verilmiştir. Hareketin bir sonraki aşamasında orta hızlı yaydan hızlı yaya geçiş olur.

pa	13; 52,30
+	33; 45
máš	17; 37,30

Gezegen máš 2° den itibaren hızlı yaya geçmiştir. Bu nedenle boylamda düzeltme yapmak gerekir. Hızlı yayda alınan yol 0;4 katsayısı ile çarpılıp ilk değer ile toplanırsa düzeltilmiş boylam elde edilir:

máš	17; 37,30
máš	02; 00
	15; 37,30

$$15; 37,30 \times 0; 4 = 1; 2,30$$

máš	17; 37,30
+	1; 2,30
máš	18; 40

Bu değer sütun II satır 5'te verilmiştir. Sonraki hareket hızlı yayda olduğundan boylamsal değişim 36° dir. Sütun II satır 8'e kadar gezegen hızlı yayda yol

aldığından boylamda bir düzeltme yapılmaz. mül 17° den sonra gezegen orta hızlı yaya geçer.

$$\begin{array}{r} \text{mül} \quad 6;40 \\ + \quad \quad 36;00 \\ \hline \text{maš} \quad 12;40 \end{array}$$

yapar. Orta hızlı yayda aldığı yol;

$$\begin{array}{r} \text{maš} \quad 12;40 \\ \text{mül} \quad 17;00 \\ \hline 25;40 \end{array}$$

kadardır. Boylam düzeltmesi yapılırsa,

$$25;40 \times -0;3,45 = -1;36,15$$

$$\begin{array}{r} \text{maš} \quad 12;40 \\ + \quad \quad -1;36,15 \\ \hline \text{maš} \quad 11;3,45 \end{array}$$

sonucuna ulaşılır. Bu değer sütun II satır 9'da verilmiştir. Jüpiter bir sonraki aşamada orta hızlı yaydan yavaş yaya geçer.

$$\begin{array}{r} \text{maš} \quad 11;3,45 \\ + \quad \quad 33;45 \\ \hline \text{kušú} \quad 14;48,45 \end{array}$$

elde edilir. Gezegen yavaş yayda,

$$\begin{array}{r} \text{kušú} \quad 14;48,45 \\ \text{kušú} \quad 09;00 \\ \hline 5;48,45 \end{array}$$

kadar yol almıştır. Bu değer orta hızlı – yavaş yay geçişine ait katsayı olan 0;6,40 ile çarpılıp boylam düzeltmesi yapılırsa,

$$5;48,45 \times -0;6,40 = -0;38,45$$

$$\begin{array}{r}
\text{kušú} \quad 14; 48,45 \\
+ \quad \quad 0; 38,45 \\
\hline
\text{kušú} \quad 14; 10
\end{array}$$

sonucu elde edilir. Bu değer sütun II satır 10'da verilmiştir. Sütun IV'te verilen konumlar da aynı şekilde hesaplanabilir.

b. Tarihlerin hesaplanması

Sistem A' için tarihlerin hesaplanması Sistem A ya benzer. Yavaş ve hızlı yaylar için tarih denklemi Sistem A ile aynıdır.

Yavaş yay için,

$$T = 12^m + (12; 5,10 + \alpha)^t = 12^m + (12; 5,10 + 30)^t = 12^m + 42; 5,10^t$$

Hızlı yay için,

$$T = 12^m + (12; 5,10 + \alpha)^t = 12^m + (12; 5,10 + 36)^t = 12^m + 48; 5,10^t$$

denklemleri elde edilir. Orta hızlı yay için tarih denklemi şu şekildedir:

$$T = 12^m + (12; 5,10 + \alpha)^t = 12^m + (12; 5,10 + 33; 45)^t = 12^m + 45; 5,10^t$$

Tabletteki tarihler hesaplanırken (sütun I ve sütun III sağ taraftaki değerler), sütun I için sütun II, sütun III için sütun IV'teki boylamsal farkın mod 30 değeri hesaplanır. Bu değer tam sayıya yuvarlanır. Aşağıdaki eşitlikte yerine konur.

$$\begin{aligned}
12^m + 42; 5,10 + \text{Boylamsal fark} \pmod{30} \\
\cong 13^m + 12^t + \text{Boylamsal fark}^t \pmod{30}
\end{aligned}$$

Sütun II satır 1 ve 2'de verilen boylam değerleri sırasıyla absin 10 ve rín 10'dur. Boylamsal fark;

$$\begin{array}{r}
\text{absin} \quad 10; 00 \\
\text{rín} \quad 10; 00 \\
\hline
30; 00 \equiv 0 \pmod{30}
\end{array}$$

olur. Bu değer denklemde yerine konulursa;

$$13^m + 12^t + \text{Boylamsal fark}^t \pmod{30} = 13^m + 12^t + 0^t = 13^m + 12^t$$

değeri elde edilir. Bu değer sütun I satır 1'de bulunan kin 13 değeri ile toplanırsa bir sonraki fenomenin meydana geldiği tarih, yani sütun I satır 2 elde edilmiş olur.

$$\begin{array}{r} \text{kin} \quad 13 \\ + \quad 13^m + 12^t \\ \hline \text{kin} \quad 25 \end{array}$$

3,0 yılı ilave ayın eklendiği yıllardan birisidir. Bu nedenle 13 aylık süre yine kin ayında sonlanmaktadır. Şayet artık ay eklenmemiş olsaydı fenomen du₆ 25 tarihinde meydana gelecekti.

Sütun II satır 4 ve 5'de sırasıyla pa 13;52,30 ve máš 18;40 değerleri yer almaktadır. Boylamsal fark;

$$\begin{array}{r} \text{pa} \quad 13;52,30 \\ \text{máš} \quad 18;40 \\ \hline 34;47 \equiv 5 \pmod{30} \end{array}$$

yapar. İlave edilecek süre;

$$13^m + 12^t + 5^t = 13^m + 17^t$$

kadardır. Sütun I satır 4'e göre ilk tarih gan 22 dir. Denklem ile hesaplanan değer bu tarihin üzerine ilave edilirse sütun I satır 5'te verilen değer elde edilmiş olur.

$$\begin{array}{r} \text{gan} \quad 22 \\ + \quad 13^m + 17^t \\ \hline \text{ab} \quad 9 \end{array}$$

C. Sistem B

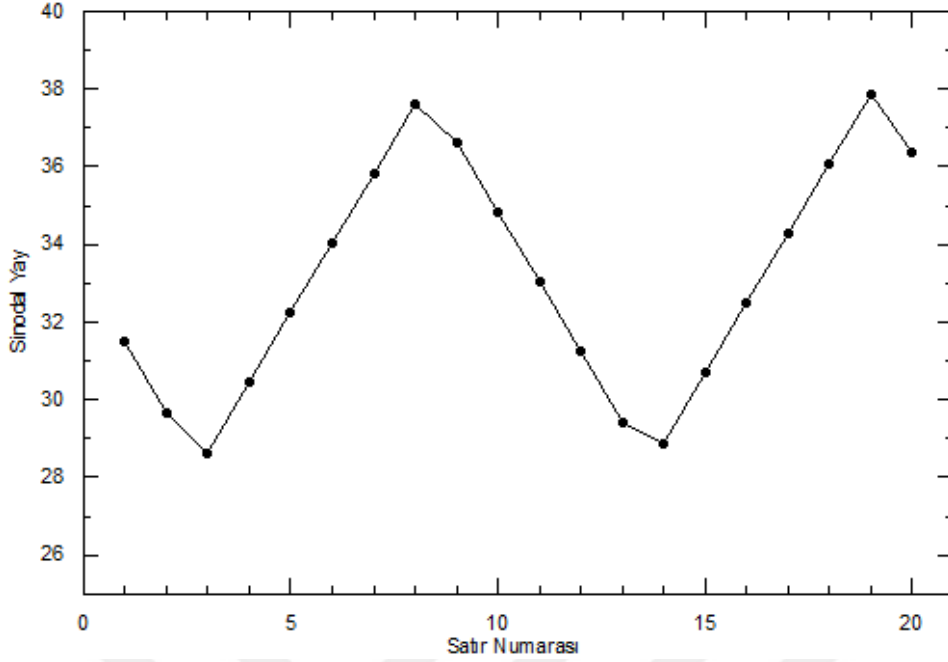
Sistem B, Sistem A ve A'den farklı olarak Zodyağı sabit hızlı bölgelere ayırmaz. Maksimum ve minimum arasında salınan bir hız öngörür. Bu salınımın artışı ve azalışı sabittir.

Tablo 44'te ACT 622 numaralı tabletin ilk 20 satırı gösterilmiştir. Tablette beş sütun bulunmaktadır. İlk sütun neredeyse tamamen tahrip olmuştur. II. sütunda tithi cinsinden zaman değerleri verilmiştir. 3,11, 3,14, 3,17, 3,19, 3,22, 3,25 yılları artık yıllardır, bu yıllara ilave bir ay eklenmiştir. III. sütunda fenomenin meydana geldiği tarih, yıl, ay ve tithi cinsinden verilmiştir. Tablet 3,10 yani 190 yılından başlamaktadır. IV. sütunda fenomenlerin boylamsal (konumsal) değişim değerleri verilmiştir. V. sütunda fenomenin boylamı, meydana geldiği takımyıldızın adı ve hangi fenomene ait olduğu yer almaktadır. V. sütunun en sağında ilk durağı temsil eden 'uś' ifadesi bulunmaktadır. Buna göre tablet Jüpiter'in Sistem B ye göre tutulan ilk durak kayıtlarını içermektedir. Sütun II ve IV'te bazı değerlerin altında bulunan çizgiler, orijinal metinde de mevcuttur. Numara bulunmayan satır Neugebauer tarafından eklenmiştir.

Tablo 44. ACT 622 numaralı tabletin çözümlemesi

	I	II	III	IV	V
1	e	43;34,30	3,10	še 21	31;29 21;49 kuśú uś
	e	<u>41;46,30</u>	3,11	dirig 22	<u>29;41</u> 21;30 a uś
	e	40;43	3,13	gu ₄ 4	28;38 20;8 absin uś
	e	42;31	3,14	sig 16	30;26 20;34 rín uś
5	e	44;19	3,15	šu 1	32;14 22;48 gír-tab uś
	e	46;7	3,16	izi 17	34;2 26;50 pa uś
	e	47;55	3,17	du ₆ 5	35;50 2;40 gu uś
	e	<u>49;43</u>	3,18	du ₆ 25	<u>37;38</u> 10;18 zib-me uś
	e	48;43,30	3,19	gan 13	36;38 16;56 ħun uś
10	e	46;55,30	3,20	gan 30	34;50 21;46 múl uś
	e	45;7,30	3,21	zíz 15	33;2 24;48 maś uś
	e	43;19,30	3,22	še 28	31;14 26;2 kuśú uś
	e	<u>41;31,30</u>	3,24	bar 10	<u>29;26</u> 25;28 a uś
	e	40;58	3,25	gu ₄ 21	28;53 24;21 absin uś
15	e	42;46	3,26	sig 4	30;41 25;2 rín uś
	e	44;34	3,27	šu 18	32;29 27;31 gír-tab uś
	e	46;22	3,28	kin 4	34;17 1;48 máś uś
	e	48;10	3,29	kin 23	36;4 7;53 gu uś
	e	<u>49;58</u>	3,30	apin 13	<u>37;53</u> 15;46 zib-me uś
20	e	48;28,30	3,31	gan 1	36;23 22;9 ħun uś

Sütun II ve IV dikkatli incelenecek olursa değerlerin bir noktaya kadar arttığı daha sonra azalmaya başladığı ve daha sonra tekrar arttığı görülecektir. Sütun IV'e ait değerler kullanılarak çizilen grafik Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Sütun IV'e ait değerler kullanılarak çizilen grafik

Şekilde yatay eksen satır numarasını dikey eksen boylam değerini göstermektedir. Elde edilen şekil bir zigzagı andırmaktadır. Bu nedenle elde edilen grafiğe Neugebauer tarafından Linear Zigzag Fonksiyonu adı verilmiştir. İlk değerden sonra yay uzunluğu azalmakta bir minimum civarına ulaşmış (2 numaralı satır) tekrar artmaktadır. Daha sonra değer artmaya başlamakta ve maksimum civarında (8 numaralı satır) tekrar azalmaya başlamaktadır. Bu döngü kendini sürekli yenilemektedir. Tabloda altı çizili satırlar, artış veya azalışın bittiği noktaları göstermektedir. 2 ve 13 numaralı satırlarda azalma, 8 ve 19 numaralı satırlarda artış sona ermektedir.

Şekilde ikişer tane minimum ve maksimum görülmektedir. Zigzag fonksiyonunun genel ifadesi şu şekildedir:

$$\begin{cases} y_{n+1} = y_n + d, & n > 0 & (1) \\ y_{n+1} = 2\alpha_{max} - (y_n + d), & y_n + d > \alpha_{max}, n > 0 & (2) \\ y_{n+1} = y_n - d, & n > 0 & (3) \\ y_{n+1} = 2\alpha_{min} - (y_n - d), & y_n - d > \alpha_{min}, n > 0 & (4) \end{cases}$$

Burada,

n ; satır numarasını,

y_n ; bulunulan satırdaki değeri,

y_{n+1} ; bir sonraki değeri,

α_{max} ; fonksiyonun maksimum değerini,

α_{min} ; fonksiyonun minimum değerini,

d ; satırlar arasındaki farkı göstermektedir.

Fonksiyon ilk değere, sabit d değerinin eklenmesi ile başlar (1). Bu ekleme $y_n + d > \alpha_{max}$ şartı sağlanana kadar devam eder (2). Daha sonra koşulun sağlandığı satırdan itibaren d değeri çıkarılmaya başlanır (3). Bu durum $y_n - d < \alpha_{min}$ şartı sağlanana kadar devam eder (4). Böylece başa dönülür ve (1) numaralı ifade ile devam edilir. Burada temel problem maksimum ve minimumların bulunmasıdır. Maksimum ve minimum değerleri aşağıdaki bağıntılar yardımıyla bulunur:

$$\alpha_{max} = \frac{y_n + y_{n+1} + d}{2}$$

$$\alpha_{min} = \frac{y_n + y_{n+1} - d}{2}$$

Tablo 44'te d farkını bulabilmek için aşağıdaki bağıntı kullanılır:

$$d = |y_{n+1} - y_n|$$

$n=1$ alınırsa sütun IV için;

$$y_n = y_1 = 31;29$$

$y_{n+1} = y_2 = 29;41$ olur. Bu ifadeler denklemde yerine konulursa,

$$d = |y_{n+1} - y_n| = |29;41 - 31;29| = 1;48$$

sonucu elde edilir.

$n=2$ için,

$$y_n = y_2 = 29;41$$

$$y_{n+1} = y_3 = 28;38$$

$$d = |y_{n+1} - y_n| = |28;38 - 29;41| = 1;48$$

değeri bulunur. Diğer satırlar için bulunacak değer de aynıdır. Buna göre sütun IV de bulunan değerler 1;48 kadar artıp azalmaktadır. Bu değer bütün tablet için sabittir. (3) numaralı şart sağlandığı için ilk satırda yer alan 31;29 değerinden 1;48 değeri çıkarılırsa 29;41 elde edilir. Bu değer sütun IV satır 2'de verilmiştir. 29;41 değerinden 1;48 değeri çıkarılırsa 27;53 değeri elde edilir. Ancak tablette bu değer yoktur. O halde (4) numaralı şart sağlanmış ve minimuma ulaşılmış olmalıdır. Bu durumda yapılması gereken minimumu hesaplamaktır.

Şekil 16 incelenecek olursa minimumun değerinin 28'den biraz fazla, maksimumun değerinin ise 38'den biraz büyük olduğu görülecektir. Minimum için verilen ifade,

$$\alpha_{min} = \frac{y_n + y_{n+1} - d}{2}$$

şeklinde idi. Değerler denklemde yerine konulursa;

$$\alpha_{min} = \frac{y_n + y_{n+1} - d}{2} = \frac{29;41 + 28;38 - 1;48}{2} = \frac{56;31}{2} = 28;15,30$$

elde edilir. Bu değer Şekil 16'da görülen değer ile uyumludur. (4) numaralı denklem kullanılarak satır 3'te bulunan değer elde edilebilir:

$$y_3 = 2\alpha_{min} - (y_2 - d) = 2 \times 28;15,30 - (29;41 - 1;48) = 56;31 - 27;53 = 28;38$$

Bu noktadan sonra yayın uzunluğu her satırda 1;48 artar (1 numaralı denklem). Bu durum 8. satıra kadar devam eder. 8. satırın değeri 37;38 dir. Bu değere 1;48 ilave edilirse 39;26 elde edilir. Ancak tablodaki değer farklıdır. O halde (2) numaralı şart sağlanmış ve maksimuma ulaşılmış olmalıdır. Şekil 16'da bunu teyit eder. Maksimumu hesaplamak için kullanılan ifade,

$$\alpha_{max} = \frac{y_n + y_{n+1} + d}{2}$$

şekinde idi. Değerler denklemde yerine konulursa,

$$\alpha_{max} = \frac{y_n + y_{n+1} + d}{2} = \frac{37;38 + 36;38 + 1;48}{2} = \frac{76;4}{2} = 38;2$$

elde edilir. Bu değer, Jüpiter için sinodal yayın maksimum uzunluğudur.

Satır 9, (2) numaralı denklem yardımıyla elde edilebilir:

$$y_9 = 2\alpha_{max} - (y_8 + d) = 2 \times 38;2 - (37;38 + 1;48) = 76;4 - 39;26 = 36;38$$

Bu noktadan sonra yayın uzunluğu her satırda 1;48 azalır (3 numaralı denklem).

Maksimum ve minimumun elde etmenin ikinci yolu deneme yanılma metodudur. Bu yöntemde sınıra yakın değere (altı çizili değer) eklenen veya çıkarılan d farkının maksimumu veya minimumu aşan kısmı minimuma eklenir, maksimumdan çıkarılır.

Mesela başlangıç değeri 8,7, bilinmeyen maksimum 9, satırlar arası fark 0,5 olsun. 0,5 farkı 8,7 ye eklenirse 8,7+0,5=9,2 olur. Bu durumda maksimum aşılmış olur. Aşılma miktarı 9,2-9=0,2 kadardır. Bu değer maksimumdan çıkarılırsa istenen değer bulunmuş olur: 9-0,2=8,8. Minimumun tek farkı çıkartma değil toplama yapılmasıdır. Fonksiyon sınır değerlere değmekte ve tekrar ara değerlere dönerek salınım yapmaktadır.

Yukarıdaki tablette iki maksimum ve minimum vardır. İlk maksimum ve minimum için elde edilecek değerlerin sağlaması bir sonraki maksimum ve minimumda yapılır. Altı çizili satırdan sonraki değer elde edilebiliyorsa hesaplanan maksimum ve minimum doğrudur. Aksi halde işlemi tekrarlamak gerekir.

Tablette artış bölgesinin sonunda yer alan değerler sırasıyla satır 8 ve 19 bulunan 37;38 ve 37;53'tür. Bir sonraki satırlarda ise sırasıyla 36;38 ve 36;23 bulunmaktadır. Bu satırlarda maksimuma ulaşılmış ve ara değerlere geri dönmüştür. Fark değeri bilindiğine göre (1;48), bu farklar satır 8/19 a eklenip maksimumu aşan kısım maksimumdan çıkarılmalı ve 9/20 satırları elde edilmelidir. Bunun için deneme yanılma metodu kullanılabilir. Fakat bu yöntem ilk yönteme göre çok daha meşakkatlidir.

Benzer hesap yöntemi minimumun için de geçerlidir.

Sistem B'nin ortalama sinodal yay uzunluğu,

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_{max} + \alpha_{min}}{2} = \frac{38;2 + 28;15,30}{2} = \frac{1,6;17,30}{2} = 33;8,45$$

olup, Sistem A ve A' ye ait değer ile aynıdır.

Sütun II'de minimumdan maksimuma çıkışta (3-8, 14-19) ve maksimumdan minimuma inişte (9-13) döngü içi fark 1;48 olmakla beraber geçiş noktalarında (2/3, 8/9, 13/14, 19/20) fark sabit değildir.

1. Sistem B ye ait parametrelerin elde edilmesi

a. Konumların hesaplanması

Sütun IV fenomenler arasındaki boylam farkını içerir. Sütun V ise fenomenin meydana geldiği takımyıldızı ve ayrıca boylamı derece ve dakika cinsinden verir. Sütun V satır 1'e göre ilk fenomen kuşu 21;49 da meydana gelmiştir. Bir sonraki fenomenin meydana geldiği takımyıldızı ve boylamı hesaplamak için bir sonraki satırdaki sütun IV değerini kullanmak gerekir. Bu değer 29;41 dir. İki boylam toplanırsa sonuç elde edilmiş olur:

$$\begin{array}{r} \text{kuşu} \quad 21;49 \\ + \quad 29;41 \\ \hline \text{a} \quad 21;30 \end{array}$$

Bu değer sütun V satır 2'de verilen değerdir. Diğer satırlar da aynı yöntemle elde edilir.

b. Tarihlerin Hesaplanması

Tarih ile ilgili değerler Sütun II ve III'te bulunmaktadır. Sütun II'deki değerler, sütun IV vasıtasıyla elde edilir. Tarih denklemi bir farklılık dışında Sistem A ve A' ile aynıdır:

$$\Delta T = 12^m + (\Omega + \alpha)^t$$

Burada Ω sütun IV'te bulunan değere eklenecek sabit miktarı, α sütun IV'te kullanılacak değeri ifade etmektedir.

Ω sinodal yay maksimuma çıkarken diğer bir ifadeyle hız artarken 12;5, minimuma inerken ise 12;5,30 değerini almaktadır.

Sütun IV satır 3'te bulunan değer 28;38'dir. Bu değer minimuma yakındır. Bu civardan itibaren hız dolayısıyla sinodal yay artacak ve maksimuma yaklaşacaktır. Yukarıda belirtildiği gibi maksimuma çıkışta $\Omega = 12;5$ değerini alır. Değerler denklemde yerine konursa;

$$\Delta T = 12^m + (\Omega + \alpha)^t = 12^m + (12;5 + 28;38)^t = 12^m + 40;43^t$$

bağıntısı elde edilir. 12m değeri tam bir döngüyü ifade ettiği için Sütun II'de gösterilmez ancak sütun III'te bulunan yıl değerine eklenir. Bu değer satır 3 sütun II'de verilen değerdir.

Sütun IV satır 9'da bulunan değer 36;38'dir. Maksimuma yakın bu değer minimuma iniş aralığı içinde kalır ve bu aralık için $\Omega = 12;5;30$ değerini alır. Bu durumda denklem;

$$\Delta T = 12^m + (\Omega + \alpha)^t = 12^m + (12;5,30 + 36;38)^t = 12^m + 48;43,30^t$$

şeklini alır. Bu değer satır 9 sütun II'de verilen değerdir.

Ortalama fark;

$$\frac{12;5 + 12;5,30}{2} = 12;5,15$$

olarak bulunur.

Ayrıca Sistem B için tarih değerinin maksimum ve minimumları da bulunabilir.

Maksimum için,

$$\alpha_{\max} = 38;2$$

$$\Omega = 12;5$$

olduğuna göre bu değerler tarih denkleminde yerine konursa

$$\Delta T_{\max} = 12^m + (\Omega + \alpha)^t = 12^m + (12;5 + 38;2)^t = 12^m + 50;7^t$$

olur. 12^m göz ardı edilirse $\Delta T_{\max} = 50;7^t$ olur.

Benzer şekilde minimum için,

$$\alpha_{\min} = 28;15,30$$

$$\Omega = 12;5,30$$

değerleri kullanılarak,

$$\Delta T_{\min} = 12^m + (\Omega + \alpha_{\min})^t = 12^m + (12;5,30 + 28;15,30)^t = 12^m + 40;21^t$$

ve $\Delta T_{\min} = 40;21^t$ değeri elde edilir.

Ortalama değer,

$$\Delta T_{avg} = \frac{\Delta T_{max} + \Delta T_{min}}{2} = \frac{50;7 + 40;21}{2} = 45;14^t$$

şeklindedir. Sütun III'teki değerler sütun II'de verilen değerler yardımıyla elde edilir. Sütun III satır 3'teki değer 3,13 $gu_4 4$ tür. Sütun II satır 4'te verilen değer ise 42;31 dir. Babilliler bu son değeri tamsayıya yuvarlayarak kullanmışlardır. Ancak yuvarlamadan kullandıkları tabletler de mevcuttur. Bu iki değer toplanırsa Satır 4 sütun III'teki değer elde edilmiş olur.

$$\begin{array}{r} 3,13 \\ + \\ \hline 3,14 \end{array} \quad \begin{array}{r} gu_4 4 \\ 12^m + 42 \\ \hline sig 16 \end{array}$$

Sistem B nin dikkat çeken iki özelliği vardır. Birincisi maksimum ve minimumların yayların konumlarıdır. Tablo 44 incelenecek olursa maksimumun zib-me takımyıldızında, minimumun a takımyıldızında meydana geldiği görülür. Bu durum Sistem B ye ait her tablette aynıdır.

İkinci özellik zamana aittir. Gezegen maksimuma çıkarken zaman aralığı azalmakta (12;5), minimuma inerken artmaktadır (12;5,30).

$$Hız = \frac{Yol}{Zaman}$$

olduğuna göre, hız zaman ile ters, alınan yol ile doğru orantılıdır. Tablo 44'e göre Jüpiter maksimuma giderken aldığı yol artmakta ancak bu yolu alırken harcadığı zaman kısalmaktadır. Bu yukarıdaki denklem uyarınca hızın arttığı anlamına gelir.

Bu durum Babillilerin örtük olarak dairesel değil, eliptik yörüngeler kabul ettiğini düşündürmektedir. Daire tanımı gereği merkezden eşit uzaklıktaki noktaların oluşturduğu geometrik forma verilen addır. Bu nedenle dairesel yörüngede özel hiçbir nokta yoktur. Ancak elips böyle değildir. Elipste diğer noktalardan farklı özellikleri olan noktalar vardır. Apoje (afel) ve periye (perihel) bunlardan ikisidir. Sistem B ye göre Jüpiter'in apoje (afel) noktası a takımyıldızında, periye (perihel) noktası zib-me takımyıldızında bulunmaktadır.

Ancak Babilliler Yunanlılar gibi geometrik bir model ortaya koymadıkları için gerçekten böyle bir durumun farkında olup olmadıklarının cevabını vermek zordur. Ancak kullandıkları hesap sistemleri bunu düşündüklerine ait güçlü kanıtlar ortaya koymaktadır.

Kepler'in 2. yasasına göre bir gezegeni Güneş'e bağlayan doğru, eşit zaman aralıklarında eşit alanlar süpürür. Bu yasa şu anlama gelir: Gezegen odakta bulunan gök cismine yaklaştıkça hızlanır, uzaklaştıkça yavaşlar. Sistem B de Jüpiter perije (perihel) noktasına yaklaştıkça kat ettiği sinodal yay artmakta harcadığı zaman kısalmakta dolayısıyla hızlanmaktadır. Tersine, apoje (afel) noktasına yaklaştıkça kat ettiği sinodal yay azalmakta harcadığı zaman artmakta ve böylece yavaşlamaktadır. Bu sonuç Kepler'in 2. yasası ile uyumludur.

Babillilerin Arz veya Güneş merkezli modelden hangisini tercih ettiklerini söylemek eldeki mevcut bilgilerle çok zordur. Ancak ister Arz, ister Güneş merkezli model tercih etmiş olsunlar eliptik yörüngeyi en azından örtük olarak varsaydıkları söylenebilir.

SONUÇ

Babilliler ile ardılları arasında gezegen periyotları açısından önemli farklar mevcuttur. Babil astronomisinde temel amaç gezegenin hareketinin tüm aşamalarını ve yörüngesini ortaya koymak değil yalnızca belirli bir durumunun (evresinin) zamanını ve konumunu bulmaktır. Bu astronomide gök cisminin hareketi sürekli değil, zamandan zamana ve konumdan konuma atlayan periyodik ya da kesikli bir hareket olarak kabul edilir.

Babil matematiksel astronomisi tropikal periyodu hesaba kattığından kapalı yörüngeler öngördüğü açıktır, bu tropikal hareketlerin spesifik bir merkeze göre meydana gelmesi elzemdir. Çünkü Babilliler gezegen hareketleri için hızlı ve yavaş yaylar tanımlamışlar ve bunlara ait değerleri hesaplamışlardır. Bu yaylar eliptik yörüngeyi temsil etmektedirler. Gezegen spesifik merkezden uzaklaştığında yörünge hızı düşer ve daha yavaş hareket etmeye başlar. Bu Babillilerin yavaş yay adını verdiği durumu meydana getirir. Tersine, gezegen spesifik merkeze yaklaştığında yörünge hızları artar ve daha hızlı hareket etmeye başlar. Bu, hızlı yay adı verilen olguyu meydana getirir.

Gözlemsel metinlerin pratik uygulaması Hedef-Yıl metodunun keşfedilmesi ile anlaşılmuştur. Bu metodun amacı astronomik çizelgeler yardımıyla ileriye dönük kestirimler yapmaktır. Hesaplama sistemlerinden 150 yıl kadar daha eski olan bu metot gözlemsel metinlerde kaydedilmiş fenomenleri inceler. Fenomenin meydana geliş sıklığını yani frekansını hesaplar ve aynı fenomenin bir daha ne zaman ortaya çıkacağını kestirmeye çalışır. Gezegen-periyot ilişkisi adı verilen bu metot Mezopotamya matematisel astronomisinin iki büyük başarısından biridir.

Gezegen teorisi periyot ve sinodal zamana ilave olarak bir çok yaklaşıma bağlıdır. Bu yaklaşımların bir kısmı matematiksel astronominin sonraki dönemine değişmez etkiler bırakmışlardır.

Hesaplama sistemleri Ay ve gezegenler için kullanılmıştır. Bu sistemler aynı fenomenin bir sonraki konumunu ve zamanını hesaplamaya yarar. Gezegenler için iki temel sistem vardır; Sistem A ve Sistem B. Ayrıca Sistem A'nın bir versiyonu olan Sistem A' de kullanılan sistemlerden biridir. Sistem A da Zodyak yavaş ve hızlı sinodal yay olmak üzere ikiye bölünür ve hesaplar bu varsayımla yapılır. Sistem A' de ise 4 kısma ayrılır; yavaş, orta hızlı, hızlı ve orta hızlı yaylar. Sistem A', Sistem A dan daha komplike bir sistemdir. Sistem B de Zodyak hızı sabit bölgeler ayrılmaz. Bunun yerine hızlanan ve yavaşlayan

yaylar öngörölmüştür. Gezegeenin hızı maksimum ve minimum arasında salınır. Sistem A ve A' sistemlerinin Zodyak bölümlenmesine basamak fonksiyonu, Sistem B nin değişken hızlı ayırımına lineer zigzag fonksiyonu adı verilmiştir.

Çizelgelerde ay uzunlukları birbirine eşit ve 30 gündür. Bu şekilde tanımlanan güne Sanskritçe bir terim olan "tithi" adı verilmiştir. Fenomenlerle ilgili hesaplarda fenomenin meydana geldiği noktaya yakın takımyıldız kullanılmaktadır. Ancak Zodyak takımyıldızlarının genişliği eşit olmadığı için kolaylık amacıyla çizelgelerde her bir takımyıldızın genişliği 30 uş kabul edilmiştir. uş hesap yapmakta kullanılan aritmetik bir birimdir, boylamla ilgili bir koordinat sistemi değildir. Yunan astronomisinde de takımyıldızların genişliği sabit ve 30 derece kabul edilir. Babil astronomisinde aritmetik kabul edilen uş, Yunan astronomisinde geometrik bir yorumla çemberin temel birimi olarak kabul edilir ve dereceye evrilir. Böylece boylamı veren bir koordinat sistemi haline gelmiş olur.

Tabletlerin büyük kısmında tableti çalan, değiştiren ya da zarar veren kişiye beddua edilmektedir, bu astronomik metinlere nasıl bakıldığına dair bir ipucu vermektedir. Yazıcının aklında bulunan modeli konu ile ilgisiz kişilerin eline geçmemesi ve ilgili çevrelerin dışına yayılmaması için saklaması mümkündür. Çünkü Babil'de astronomik sonuçlar ezoterik amaçlarla kullanılmaktaydı. Babil'de astronomik bilgi tanrısaldır, herkesin eline geçmemesi ulu orta ifşa edilmemesi gerekir. Astronomi metinlerinin içerikleri tanrısaldır, değiştirmek tanrıların gazabını hak etmek için yeterlidir. Tabletlerdeki bilgilerin korunmasına dair çabalar, çalışmaların çok dar bir uzman kadrosu çevresinde kalmasını sağlamış ve sonuçların geniş halk kitlelerine ulaşmasını engellemiştir.

Bu gizlilik nedeniyle ortaya konulmuş geometrik, fiziki, kozmolojik veya doğaüstü bir model yoktur. Babilde almanaklara bile sır gözüyle bakılırdı. ACT 135 numaralı tabletteki Ay tutulması metni buna iyi bir örnektir:

"Anu-Şip'in bilgeliğine göre hesap [tanrının] sırrıdır ve yalnızca bu bilgiyi korumayı bilen uzmanlar tarafından bilinebilir. Bilgiye sahip kişi bilgiyi ancak bilgiye sahip başka bir kişiye gösterebilir, bilgi sahibi olmayan bu bilgiyi göremez. Bu bilgiler [büyük tanrılar] Anu, Enlil [ve Ea] nın yasak şeylerine aittir. "

Düzensiz ancak periyodik fenomenler yüzyıllar boyunca birçok nesil boyunca öğrenildi ve öğretildi, gözlendi ve hesaplandı. O günlerde yapılan teorik analiz ve tartışmalardan günümüze pek bir şey kalmamıştır. Ancak günümüze ulaşabilen günlüklerden, Hedef-Yıl metinlerinden, çizelgelerden anlaşıldığı kadarıyla yaptıkları bilim Aristoteles te dahil olmak üzere Yunanca konuşan filozoflarınkinden daha özenlidir. Pür matematik her ne kadar M.Ö. 3. ve 4. yüzyıllarda yüksek bir seviyeye ulaşmış olsa da Yunan doğa bilimleri Babil bilimi ile karşılaştırılmaz. Yunan gözlemsel astronomisi yıldızların ve takımyıldızların doğuş ve batışlarının gözlenmesi ve meteorolojik tahminler ile sınırlanmıştı. Matematiksel astronomileri ise Babil yazıcıları tarafından uzun süredir bilinen 19 yıllık çevrim (Meton periyodu), mevsimlerin eşitsizliği ve

Eudoxus ve Aristarchus tarafından yapılan ancak kullanılmayan iki modelden ibaretti. Hipparchus, Babil metodunu ve parametrelerini başarılı bir şekilde kendi sistemine aktarmıştır. Böylece Yunan matematiksel astronomisinin temelleri atılmıştır. Ayrıca, (Jones, 1999) tarafından Oxyrhynchus astronomik papirüslerinin keşfiyle anlaşıldığı üzere Babil yöntemi dört yüzyıldan uzun bir süre (bu süre Batlamyus'tan bir yüzyıl sonrası da kapsar) astrologlar tarafından değiştirilmeden kullanılmaya devam etmiştir. Dakik ve teknik bilimin kökeni Yunan değil Babil'dir.





KAYNAKLAR

Brack-Bernsen, L., 1980, Some Investigations on the Ephemerides of the Babylonian Moon Texts, System A, *Centaurus*, 24, pp.36-50.

Brack-Bernsen, L., 1990, On the Babylonian Lunar Theory: A Construction of Column Phi from Horizontal Observations, *Centaurus*, 33, pp.39-56.

Brack-Bernsen, L., 1993, Babylonische Mondtexte: Beobachtung und Theorie, *Die Rolle der Astronomie in den Kulturen Mesopotamiens*, pp.331-58.

Brack-Bernsen, L., & Schmidt, O., 1994, On the Foundations of the Babylonian Column Phi: Astronomical Significance of Partial Sums of the Lunar Four, *Centaurus*, 37, pp.183-209.

Brack-Bernsen, L., 1997, *Zur Entstehung der babylonischen Mondtheorie*, Munich: Franz Steiner Verlag Press.

Brack-Bernsen, L., & Hunger, H., 2002, A collection of rules for the prediction of lunar phases and of month lengths, *SCIAMVS*, 3, pp.3-90.

Brack-Bernsen, L., 2002, Predictions of Lunar Phenomena in Babylonian Astronomy, *UOS*, pp.5-19.

Brack-Bernsen, L., 2007, *Calendars and Years. Astronomy and Time in the Ancient Near East*, Oxford: Oxbow Press, pp.83-100.

Brack-Bernsen, L., & Hunger, H., 2008, BM 42282+42294 and the Goal-Year Method, *SCIAMVS*, 9, pp.3-23.

Britton, J. P., 1999, *Lunar anomaly in Babylonian astronomy, Lunar anomaly in Babylonian astronomy, Ancient Astronomy and Celestial Divination*, London: MIT Press.

Britton, J. P., 2007, Studies in Babylonian Lunar Theory: Part I. Empirical Elements for Modeling Lunar and Solar Anomalies, *AHES*, 61, pp.83-145.

Britton, J. P., 2009, Studies in Babylonian Lunar Theory: Part II. Treatments of Lunar Anomaly, *AHES*, 63, pp.357-431.

Britton, J. P., 2010, Studies in Babylonian Lunar Theory: Part III. The Introduction of the Uniform Zodiac, *AHES*, 64, pp.617-63.

Brown, D., 2000, *Mesopotamian Planetary Astronomy-Astrology*. Boston: Brill.

Epping, J., & Strassmaier, J. N., 1881, Zur Entzifferung der astronomischen Tafeln der Chaldäer, *Stimmen aus Maria-Laach*, 21, pp.277-92.

- Epping, J., 1889, Astronomisches aus Babylon; oder, Das wissen der Chaldäer über den gestirnten himmel, *Stimmen aus Maria-Laach*, pp.44-65.
- Epping, J., 1890, Die babylonische Berechnung des Neumondes, *Stimmen aus Maria-Laach*, pp.225-40.
- Epping, J., & Strassmaier, J. N., 1890, Neue babylonische Planeten-Tafeln, *ZA*, pp.341-66.
- Epping, J., 1890, Sachliche Erklärung des Tablets No. 400 der Cambyses-Inschriften, *ZA*, pp.281-88.
- Epping, J., & Strassmaier, J. N., 1891, Neue babylonische Planeten-Tafeln, *ZA*, pp.89-102, 217-244.
- Epping, J., & Strassmaier, J. N., 1892, Babylonische Mondbeobachtungen aus den Jahren 38 und 79 der Seleuciden-Aera, *ZA*, pp.220-54.
- Epping, J., & Strassmaier, J. N., 1893, Der Saros-Canon der Babylonier, *ZA*, pp.149-78.
- Evans, J., 1998, *The History and Practice of Ancient Astronomy*, New York: Oxford University Press.
- Huber, P., 1957, Zur täglichen Bewegung des Jupiter nach babylonischen Texten, *ZA*, pp.265-303.
- Jones, A., 1999, *Astronomical Papyri From Oxyrhynchus*, Philadelphia: American Philosophical Society.
- Kugler, F. X., 1900, *Die babylonische Mondrechnung. Zwei Systeme der Chaldäer über den Lauf des Mondes und der Sonne*, Freiburg: Herder Verlag.
- Kugler, F. X., 1907-1924, *Sternkunde und Sterndienst in Babel*, Münster: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung.
- Neugebauer, O., 1937, Untersuchungen zur antiken Astronomie I, *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, 4, pp.29-33.
- Neugebauer, O., 1937, Untersuchungen zur antiken Astronomie II, *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, 4, pp.34-91.
- Neugebauer, O., 1938, Untersuchungen zur antiken Astronomie III, *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, 4, pp.193-346.
- Neugebauer, O., 1938, Untersuchungen zur antiken Astronomie IV, *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, 4, pp.383-406.

- Neugebauer, O., 1938, Untersuchungen zur antiken Astronomie V, *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, 4, pp.407-11.
- Neugebauer, O., 1955, *Astronomical Cuneiform Texts*, 1st ed. London: Lund Humphries.
- Neugebauer, O., 1975, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, 1st ed. New York, Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.
- Ossendrijver, M., 2012, *Babylonian Mathematical Astronomy: Procedure Texts*, 1st ed, New York: Springer.
- Pannekoek, A., 1916, Calculation of Dates in the Babylonian Tables of Planets, *Proc. KAW Amsterdam*, 19, pp.684-703.
- Rochberg, F., 1991, Between Observation and Theory in Babylonian Astronomical Texts, *JNES*, 50, pp.107-20.
- Rochberg, F., 1998, Babylonian Horoscopes, *TAPS*, pp.1-15.
- Rochberg, F., 1999, Empiricism in Babylonian Omen Texts and the Classification of Mesopotamian Divination as Science, *JAOS*, 119, pp.559-69.
- Rochberg, F., 2004, *The Heavenly Writing: Divination, Horoscopy, and Astronomy in Mesopotamian Culture*, London: Cambridge University Press.
- Sachs, A. J., & Hunger, H., 1988, *Astronomical Diaries and Related Texts from Babylonia*, Wien: Osterreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Schaumberger, J., 1935, *Sternkunde und Sterndienst in Babel. Assyriologische, astronomische und astralmythologische Untersuchungen. 3. Ergänzungsheft*, Münster: Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung.
- Steele, J., & Stephenson, F. R., 1997, Lunar Eclipse Times Predicted by the Babylonians, *JHA*, 28, pp.119-31.
- Steele, J., 1997, Solar Eclipse Times Predicted by the Babylonians, *JHA*, 28, pp.133-139.
- Steele, J., 2000, Eclipse Prediction in Mesopotamia, *AHES*, 54, pp.421-54.
- Steele, J., 2000, *Observations and Predictions of Eclipse Times by Early Astronomers*, New York: Springer.
- Steele, J., 2007, Celestial Measurement in Babylonian Astronomy. *Annals of Science*, 64, pp.293-325.
- Swerdlow, N. M., 1998, *The Babylonian Theory of the Planets*. 1st ed, Princeton: Princeton University Press.

van der Waerden, B.L.,1957, Babylonische Planetenrechnung,Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 102, *Abh*, 2, pp.39-60.

van der Waerden, B. L., 1965, *Erwachende Wissenschaft: II. Die Anfänge der Astronomie*, Groningen: Noordhoff.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Orhan GÜNEŞ

Uyruğu: T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri: 20 Ocak 1978, Çaykara

Elektronik Posta: or.gunes@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü	2000
Yüksek Lisans	İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı	2008
Doktora	İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı	2013

İŞ TECRÜBESİ

Tarih	Kurum	Görev
2003-2008	Gümrük Müsteşarlığı	Bilgisayar Programcısı
2011-2015	Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü	Araştırma Görevlisi
2015-	İMU, Edebiyat Fakültesi, Bilim Tarihi Bölümü	Yardımcı Doçent

YABANCI DİLLER

İleri düzeyde İngilizce, başlangıç düzeyinde Arapça

YAYINLAR

Kılıç M., Karataş Y., Güneş O., Limboz F., "The Metallicity Distribution of Distant F and G Type Stars in the CFHT Legacy Survey Deep Field", PASA, vol.26, pp.1-6, 2009

Güneş O., Karataş Y., Bonatto C.J., "Astrophysical and structural parameters of the open clusters NGC 6866, NGC 7062, and NGC 2360", NewA, pp.720-731, 2012

HOBİLER

Plak koleksiyonu, film koleksiyonu

